

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. И. И. ПОЛЗУНОВА

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ

*МАТЕРИАЛЫ
XX ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ*

ТОМ 1

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ, ЧАСТЬ 1

17-21 апреля 2023 года

ISBN 978-5-7568-1462-0



АлтГТУ
Барнаул • 2023

© Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова, 2023

Об издании – [1](#), [2](#)

ББК 72.5+74.480.278

УДК 62

Наука и молодежь : Том 1. Инженерно-технические науки, часть 1 : материалы XX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (17–21 апреля 2023 года, г. Барнаул) / Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова. – Барнаул : АлтГТУ, 2023. – 438 с. – URL : https://journal.altstu.ru/konf_2023/2023_1/121/ – Текст : электронный.

ISBN 978-5-7568-1455-2

ISBN 978-5-7568-1462-0 (т. 1, ч. 1)

Конференция посвящена актуальным вопросам научных исследований в области инновационных машиностроительных технологий, новых конструкционных материалов, сварочного производства, транспортных и транспортно-технологических систем, электроэнергетики, электротехники и энергомашиностроения. Сборник включает материалы конференции, проведенной 17-21 апреля 2023 года в г. Барнауле. Материалы издаются в авторской редакции.

Ответственные редакторы:

Раззамазов Никита Иванович – студент кафедры НТТС, член СНО АлтГТУ, техник-конструктор СКБ

Некрасов Вячеслав Николаевич – к.т.н., доцент кафедры ТМ

Попова Анастасия Александровна – зам. зав. кафедры МБСП, к.т.н., доцент

Исаева Надежда Вадимовна – аспирант кафедры МиИ

Головина Елена Анатольевна – к.т.н., доцент кафедры ССМ

Агейкова Людмила Николаевна – к.ф.-м.н., доцент кафедры Ф

Павлюченко Илья Александрович – ассистент кафедры ЭПП

Васильев Валерий Юрьевич – зам. зав. кафедры ЭПБ, ассистент кафедры ЭПБ

Дедаев Константин Евгеньевич – ст. преподаватель кафедры ЭиАЭП, инженер

Хуторненко Анна Викторовна – инженер кафедры КиРС

Рецензенты:

Блазнов А. Н., главный научный сотрудник, заведующий лабораторией материаловедения минерального сырья ИПХЭТ СО РАН, д.т.н., доцент

Николаев А. М., ведущий инженер ПЭТЛ, ООО «Барнаульская сетевая компания»

Материалы конференции

Минимальные системные требования

Yandex (20.12.1) или Google Chrome (87.0.4280.141) и т.п.

скорость подключения - не менее 5 Мб/с, Adobe Reader и т.п.

Дата подписания к использованию 27.07.2023. Объем издания – 16 Мб.

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования

«Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,

656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46, <https://www.altstu.ru>.

ISBN 978-5-7568-1455-2

ISBN 978-5-7568-1462-0 (т. 1, ч. 1)

[К содержанию](#)

© Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»

Домашенко А.А. Распределительный центр «Мария-Ра» как часть логистики Сибири.....	13
Климов А.В. Анализ существующих решений в области оптимизации конструктивных параметров рабочих органов и режимов работы комбинированного чизельно-дискового агрегата.....	15
Козловский М.К. Влияние автотранспорта на экологию.....	18
Костенкова Д.В. Оценка показателей состояния безопасности маршрутного общественного транспорта в городе Барнаул.....	21
Кравченко А.И. Анализ особенностей аварийности в горной местности.....	24
Минайлова Е.Д. Общие особенности аварийности на дороге Р-256 Чуйский тракт.....	27
Митрофанова П.Ю. Состояние показателей аварийности в городе Новоалтайск.....	29
Недобежкин Д.С. Разработка устройства регистрации реакции водителя на базе теневого автомобильного тренажера.....	32
Пахомов Н.Ю. Особенности использования сжатого природного газа в качестве моторного топлива в газобаллонных автомобилях.....	35
Попов А.А. О выборе материалов деталей цепочно-планчатого транспортера прессовальной камеры рулонного пресс-подборщика.....	38
Саманков В.В. Регистратор задержек транспортных средств.....	40
Сороченко А.С. Тенденции и перспективы развития предприятий сельскохозяйственного машиностроения Алтайского края.....	43
Строкань А.А. Определение экономических потерь станции на устранение коммерческих неисправностей.....	46
Угаров В.А. Анализ существующих рабочих органов для дополнительного воздействия на зерновой ворох в горизонтальном центробежно-решетном сепараторе.....	49
Усольцева Е.О. Аварийность в пригородной зоне г. Барнаула.....	52

СЕКЦИЯ «СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ»

ПОДСЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

Житников К.О. Влияние исключений зерен из модели магнитно-абразивной обработки на магнитные силы.....	55
Кистер Э.И. Анализ существующих экспериментальных методов определения режимов резания при механической обработке.....	57

Лаврентьев Д.Е. Методика автоматизации выбора станочных приспособлений.....	59
Логвиненко В.В., Сыровежкин М.Р. Прогнозирование шероховатости поверхности при фрезеровании сложнопрофильных деталей сферическими фрезами.....	63
Парфенова М.А. Проектирование технологической оснастки для операций промывки.....	65
Росляков Д.А., Ситников Д.С. Повышение качества поверхности путем управления процессом дробеструйной обработки.....	67
Селюк С.И. Моделирование процесса сверления в деталях из углепластика.....	70
Сечкарь И.Д., Логвиненко В.В. Разработка способа контактного измерения топографии поверхности на базе профилографа.....	72
Ситников Д.С., Росляков Д.А. Анализ ключевых характеристик станков для электроэрозионной обработки материалов доступных к приобретению в условиях импортозамещения.....	73
Тосин Д.Ю. Автоматизация выбора режущих инструментов.....	76
Травина А.В. Система искусственного интеллекта для выбора токарного инструмента.....	78
Угрюмов М.Ю. Методика проектирования технологической оснастки.....	80
Фёдорова В.А. Обзор систем автоматизированного проектирования технологических процессов.....	83
Фещенко С.А. Технологическое обеспечение качества реза при лазерном раскрое материала.....	86
Хлопунова А.А. Функционально-стоимостной анализ технического объекта «коробка отбора мощности».....	89
Храмов И.А. Модель выбора режущего инструмента для изготовления резьбовых отверстий в корпусных деталях.....	92
Чернакова О.В. Особенности механической обработки деталей из углепластиков.....	95
Шипунов К.А. Инновационная технология механической обработки деталей типа шнек.....	97
Элкашлан Мохамед Абделаиз Саад Абделаиз Конструкторско-технологическое обеспечение операций промывки прецизионных деталей топливной аппаратуры.....	99
Юрова Е.И., Щёткина Е.Е. Исследование характеристик деталей из PLA-пластика, полученных 3D-печатью на ударную вязкость.....	102

ПОДСЕКЦИЯ «ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

Вахитов Т.Р. Сварка керамических подвесов для печей термической обработки	105
Герасименко П.В. Мобильный сварочный агрегат	107
Дорохов Ф.А. Способ ручной дуговой сварки штучными покрытыми электродами	109
Ерофеев Н.С. Разработка методик проведения контроля качества котельного оборудования для ООО «Сибэнегомаш-БКЗ»	111
Изотов Д.А. Способ лазерной сварки труб	112
Кошкарров И.С. Методика нанесения детонационных покрытий на титановые имплантаты из порошковых механокопозитов	115
Ку Д.Е. Устройство для удаления газообразных продуктов горения при проведении гибридной лазерно-дуговой сварки	116
Лисицын Д.А. Способ ремонта рельсов	119
Любых Е.Н. Способ контактной шовной сварки трубчатых деталей	121
Маленко И.В. Модернизация сварной опорной рамы шнекового маслопресса «РОТОР»	123
Невзоров А.В. Оценка возможности применения переносного модуля для сборки и сварки опор типа ОПХ2	125
Ремешевский Е.М. Порошковая проволока	127
Ридель Н.А. Усовершенствование методики проектирования сварной конструкции рубительной машины	130
Сауков А.Н. Анализ технологичности конструкции оголовка и базы колонны К1-17.1	133
Стеценко С.А. Увеличение производительности процесса сборки и сварки двери весоупорочного вагона серии А-300 на АО «Алтайвагон»	135
Топорков А.И. Модернизация СВЧ-индуктора для реализации высокотемпературного синтеза методом индукционного нагрева	137
Федоров А.В. Способ получения сварного соединения трубопроводов, предназначенных для работ в агрессивных средах с использованием втулки и антикоррозионного покрытия	140
Хворов С.С. Модернизация технологического маршрута сборки и сварки главного паропровода на ТЭЦ-2	142
Читпанова М. Е. Усовершенствование технологического процесса изготовления фрагмента участка линии трубопровода на монтаже	144

Чувашов С.М. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез МАХ-фаз в системе Ti-AL-C	147
Ширяев А.А. Модернизация маршрута технологического процесса сборки и сварки ростверка	149
Штронда Н.Д. Стенд фрикционной сварки	151
Щерба Д.М. Сварка взрывом	154
Юркин Д.Д. Повышение эксплуатационных свойств жаропрочного сплава для лопаток газовых турбин	155

ПОДСЕКЦИЯ «ИННОВАТИКА»

Алексеев Н.В. Моделирование технологии производства тротуарного покрытия из пластика с применением системы антиобледенения	157
Антонов Н.Г. Актуальность разработки упаковочного картона из макулатуры в условиях Алтайского края	159
Балахнин С.В. Актуальность разработки системы локального освещения на основе применения солнечных батарей	162
Батуков И.А. Технология производства гипсовых блоков методом холодного просушивания	165
Бердинских Д.С. Моделирование технологии производства ковриков бытового назначения из резинотехнического сырья	168
Веремеенко И.П. Актуальность выращивания белых грибов в искусственных условиях на основе субстрата	171
Грекова Т.А. Технология бесшовной печати как метод производства фотообоев для интерьера помещений различного назначения	174
Дорофеев К.А. Обоснование применения автоматизированной системы полива комнатных растений	177
Дрогалёва Т.А. Актуальность моделирования оконного блока на основе электрохромного стекла для применения в загородных домах	179
Корнаушенко К.А. Технология производства самовосстанавливающегося бетона специального назначения	181
Корчагин Д.П. Актуальность использования технологии монтажа и эксплуатации фильтра дренажной системы пластиковых тротуаров	184
Маненкова А.А. Основные элементы системы управления цветомузыкальной установки на основе аудиовизуальной партитуры	187
Мышкин В.В. Актуальность разработки спецодежды в виде защитной куртки на основе полиамидного волокна	190

Новокрещенов Д.А. Актуальность технологии точного высева с применением высевающего модуля	192
Плотникова А.А., Исаева Н.В. Актуальность производства хлебобулочных изделий с добавкой грибного порошка «Грифола курчавая» для лечебно-профилактического применения	195
Семёнова К.Д. Актуальность технологии производства дорожных знаков с применением переработанного пластика	198
Тазеев Г.Р. Моделирование технологии производства автоматизированной системы управления теплицей	200
Чебулин Е.А. Актуальность разработки и производства композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина	203

ПОДСЕКЦИЯ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ»

Веретенников И.А. Проектирование защитного покрытия для корпуса мотоцикла	206
Гринёв А.А. Проектирование композита на основе базальтового волокна и разработка технологического процесса изготовления лопастей ветряных мельниц	208
Емельянова А.Е. Силикатный клей или жидкое стекло	210
Квачиненко Д.А. Проектирование материала с высокими упруго-прочностными свойствами для изготовления хоккейной клюшки	213
Кузнецова А.П. Природа наполнителя и ее влияние на коэффициент теплопроводности пенополиуретана	215
Кузнецова В.В. Керамические композиционные материалы и технология производства хозяйственно-бытовой керамики	217
Купреев Д.А. Полимерные пружины	220
Левкович Е.А. Стекловолокно и стеклопластики	222
Мусатова Д.А. Преимущества и применение керамики как биоматериала	225
Осипов И.А. Перспективы применения углерод-углеродных композиционных материалов в сфере атомной энергетической промышленности	227
Пилюгин В.Е. Разработка технологического процесса изготовления кузова для автомобиля F1	230
Платонов А.Е. Проблемы утилизации отходов эпоксипластиков и способы их решения	232
Полянский Е.Д. Проектирование комбинированной брони с керамическим лицевым слоем и подложкой из армированного пластика	234

Сибиряков М.С. Проектирование автоброни на основе композиционных материалов	236
Смирнов А.В. Моделирование поведения магнитовосприимчивого волокна в вязкой среде под действием магнитного поля	238
Ткаченко В.В. Влияние ультрафиолетового излучения на скорость отверждения и механические свойства полимерных композиционных материалов	241
Черенков Е.Д. Самовосстанавливающиеся материалы и покрытия	244
Шабанов Н.Н. Лапка заднего переключателя велосипеда	246
Шефер Н.А. Композиционные баллона давления	249

ПОДСЕКЦИЯ «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

Астахов Д.А. Исследование структуры и свойств высокохромистого чугуна ЧХ28, подвергнутого термической обработке	252
Горбунов В.Е. Использование современных технологий для исследования физических явлений	255
Мальков Н.В. Исследование структуры и свойств высокопрочного чугуна марки ВЧ 50..	257
Манохин Д.А. Дендритный рост δ -феррита при кристаллизации из жидкого состояния.....	261

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»

ПОДСЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД»

Асташин Д.И. Разработка универсального коммутатора для бесколлекторного двигателя постоянного тока	264
Богоутдинов Е.Р., Овсепян В.А. Моделирование бросков намагничивающего тока при включении силового трансформатора на холостой ход в среде MATLAB-Simulink	267
Володин А.А. Создание и поддержание микроклимата для шкафов обогрева и питания проводов высоковольтных разъединителей	270
Гаранин М.Е. Проектирование солнечных электростанций с системой слежения для сельскохозяйственных потребителей	273
Давыдов А.Е. Двухзонное управление электроприводом синхронным двигателем с постоянными магнитами	276
Девянин А.А. Анализ перенапряжений в электрических сетях и устройствах	277
Елишев А.В. Оптимизации работы насосного оборудования в области водоснабжения с использованием технологии «диктующая точка»	279

Иванов И.А. Исследование алгоритма работы повышающего преобразователя напряжения в системе автономного электроснабжения	281
Казаков Н.М. Автоматизация процесса цементации стальных изделий в вакуумной печи	284
Комаров И.В. Разработка настраиваемого технологического цикла на основе командного пневматического прибора КЭП-12У	286
Логиненко Н.Ю., Сухоруких И.В. Технология подогрева зернового материала с использованием композиционных электрообогревателей	288
Малышев Л.А. Применение синхронных выпрямителей во вторичных источниках электропитания	290
Пшеничный Д.В. Разработка системы автоматического управления при работе взрывоопасной вакуумно-выпарной установки получения медицинского спирта.....	293
Романенко С.Н. Разработка системы автоматического управления электроприводом галтовочного станка	296
Рудакова Л.В. Применение программируемых логических контроллеров в автоматике раздвижных дверей	298
Старченко Д.А. Актуальность автоматизации производственных процессов	300
Сухинин С.Е. Особенности синтеза системы управления скоростью ленточного конвейера с изменяющимися параметрами	302
Сухоруких И.В., Логвиненко Н.Ю. Расчет дозатора-распределителя электрического аппарата подогрева зерна	305
Федоров Е.Е. Использование композиционных обогревателей в телекоммуникации	308
Шумский Д.В. Повышение энергетической эффективности электроприводов	311

ПОДСЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И БЫТА»

Антонова Е.М. Концепция определения параметров и условий, для расчёта перенапряжений в сети в результате коммутации	314
Баранов Б.М. Анализ применения СВЧ-полей для очистки воды	317
Баранов И.А. Модернизация системы мониторинга воздушных линий электропередач с использованием беспилотных летательных аппаратов	319
Буравцов Д.В., Васильченко М.А. Обработка растительных материалов во вращающемся электрическом поле	321
Васильев В.Ю. Экономическое обоснование развития метода определения ветроэнергетического потенциала	323

Герасимов Е.В., Овдин А.С. Перспективы строительства малых ГЭС в Алтайском крае ..	325
Голубцов С.С. Анализ перспективных инноваций в сфере альтернативной энергетики	327
Григорьев Д.Г., Снегирева Ю.А. Энергия температурного градиента как возобновляемый источник энергии	329
Григорьев С.Е., Мишин Д.Р. Анализ мероприятий по обеспечению защиты от дугового пробоя	331
Дергунов Д.Ю., Грачев Д.Н. Применение электрических фильтров для очистки воздуха в сельскохозяйственной промышленности	333
Ивченко А.А. Перспективы использования солнечных энергетических станций «СЭС» в системах электроснабжения	335
Кандров Е.И., Потапенко А.Д. Анализ энергоэффективности светодиодных ламп	337
Катаева А.С. Обзор программного обеспечения для визуализации электромагнитной обстановки	339
Коноплев Н.Е. Управление устройством РПН трансформатора с помощью алгоритмов нечеткой логики	342
Кривошеева А.П. Анализ условий использования ветроэнергетики в АПК	344
Кундель С.А., Осипов К.А. Оценка точности определения потерь электроэнергии при использовании коэффициента неравномерности	346
Меновщикова А. О. Спираль смерти для энергетических компаний при масштабном внедрении активных энергетических комплексов в сеть	348
Миллер А.И. Анализ программных инструментов для компьютерного моделирования электрических и магнитных полей	350
Назаренко В.Д., Сердюцких М.К. Анализ способов оценки ветроэнергетического потенциала	352
Нащекин В.С., Казацкий М.А. Оценка пожарной опасности коротких замыканий при реконструкции электропроводки	353
Новиков Т.А. Проблема обеспечения качества электроэнергии у автономных потребителей	356
Осипов К.А., Кундель С.А. Методика повышения точности определения потерь электроэнергии при неравномерности нагрузки во времени	358
Осьмушкина Е.Б. Определение результирующей электромагнитной волны вблизи установки для орошения сельскохозяйственных культур	360
Петрова А.С. Регулирование напряжения потребителей при искажении потенциала нулевого провода.....	362
Постоянкова К.Ю. Автоматизированная система диспетчерского управления в режиме перегрузки ЛЭП	365

Пуляева О.Ю. Актуальность применения системы распределенного мониторинга высоковольтного оборудования	368
Соловской А.С. Совершенствование принципов оценки опасности электромагнитной обстановки по результатам моделирования электромагнитных полей	370
Татур И.Э. Перспективы применения БПЛА в электроэнергетике	373
Косилов С.С., Фефелов И.А. Снижение потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям	375
Якель Д.Е. Повышение энергоэффективности СВЧ электротермических установок с камерами лучевого типа	377
Ярославцев В.В. Анализ критериев выбора микроконтроллера для обслуживания лабораторного стенда	379

ПОДСЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»

Блинов К.А. Анализ использования эффективных систем хранения энергии в качестве бесперебойного источника питания	382
Бодрызов Д.А. Актуальность внедрения солнечной электростанции в частный дом на территории Алтайского края	384
Гавриш Е.М., Пестов М.И. Проблема погрешности учёта электрической энергии электроэнергетики России	387
Гречко Н.Ф. Анализ способов очистки солнечных панелей в труднодоступных районах	390
Ивлев А.О. Применение композитных материалов для строительства кабельных эстакад	391
Коверник Д.С. Выбор способа заземления нейтрали в сетях 6-10 кВ	393
Колодченко Н.В. Геотермальные ресурсы как альтернативная энергетика	395
Кочешкова А.М. Разработка математической модели для определения удельных затрат при строительстве воздушных линий электропередач	398
Кызлаков А.А. Применение искусственного интеллекта в электроэнергетике	399
Мешков А.В. Факторы, ограничивающие использование солнечных электростанций в Алтайском крае	401
Мустьяцэ А.В., Серохвостов А.А. Измерения напряжений на КТП 10/0,4 кВ	403
Петенева К.Ю., Лавринец А.А. Экономическая оценка строительства ВЛ при использовании многогранных опор	405
Сабельников А.С., Зимина Л.А. Внедрение энергоэффективных трансформаторов на примере крупнейших электросетевых компаний Алтайского края	407
Соколов С.М. Актуальность использования водородной энергетики для автомобилей	409

Шлапак О.И., Колоколов А.В. Разработка устройства интеллектуального АВР для электрических сетей до 1 кВ с ограниченной мощностью резервных источников электроэнергии..... 410

СЕКЦИЯ «ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ»

Бобровский Д.С. Метод экспериментального определения угла опережения подачи топлива на моторном стенде и его влияние на рабочие параметры двигателя 413

Ермак М.С. Автоматическое регулирование степени сжатия ДВС 415

Киселев Д.Г. Управление снижением NOx путем рециркуляции ОГ 417

Колесов А.В. Тепловой расчёт и индикаторная диаграмма дизельного двигателя Д-3041..... 419

Кончиков Н.Е. Регулирование теплового состояния двигателя..... 422

Саночкин А.С., Ошкало Е.С. Повышение эффективности ДВС посредством комбинированного наддува 423

Сурин Д.Е. Преимущества и недостатки инверсионной компоновки котлов 426

Тиханов М.В., Ноздрачев А.А. Моделирование процессов в топке с НТВ технологией сжигания твердого топлива..... 429

Щербак К.А. Разработка воздухоочистителя двигателя внутреннего сгорания 432

Ярославцев А.О. Электронное управление топливоподачей газодизельных двигателей..... 435

СЕКЦИЯ «НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР «МАРИЯ-РА» КАК ЧАСТЬ ЛОГИСТИКИ СИБИРИ

Домашенко Алина Александровна, студент кафедры «Организация и безопасность движения», e-mail: 89132355453@mail.ru

Научный руководитель - Огнев Иван Владимирович, к.т.н., доцент, e-mail: ovr@altgtu.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данном исследовании рассмотрена работа распределительного центра (далее «РЦ») «Мария-Ра» в г. Новоалтайск Алтайского края. Целью исследования является определение важности существования и функционирования РЦ для регионов Сибири, значимость внедрения технологических новинок, а также описание логистических процессов, которые, в настоящее время, позволяют охарактеризовать данную торговую сеть, как «крупный холдинг».

Ключевые слова: логистика, Мария-Ра, Сибирь, логистические процессы, важность функционирования, распределительный центр.

В настоящее время в мире существует большая конкуренция между предприятиями на торговых рынках. Поэтому данным предприятиям необходимо наиболее правильно выстраивать методы организации своих бизнес процессов. Благодаря правильно выстроенной цепи поставок повышается эффективность продаж. При правильной стратегии доставки грузов, можно значительно снизить транспортные и складские расходы и при этом увеличить оборот компании.

Если менеджмент компании не понимает, как управлять цепями поставок, то это приведет к нарушению синхронизации во взаимодействии между поставщиками сырья, и в конечном итоге, данного сырья на складе, производстве, будет, либо недостаточно, либо будет переизбыток, который впоследствии принесет логистической компании значительные убытки.

Особое внимание при изучении стоит уделить такому понятию, как «распределительный центр» или «склады хранения». Важность данного понятия заключается в следующем.

Имея в своем владении компанию, или предприятие, основывающееся на снабжении какими-либо товарами потребителей, необходимо поставлять только качественный товар. Но для такого исхода, абсолютно точно, важны условия хранения данного товара. При должных условиях хранения и соблюдении норм, стандартов для отдельного вида груза/товара, у компании появляется шанс «вырваться» на лидирующие позиции на торговых рынках города или региона. А значит, зарекомендовать себя как надежная компания, поставляющая на рынок товары или услуги, которыми с удовольствием будут пользоваться многие потребители.

Таким образом, значение распределительных центров заключается в удовлетворении потребностей покупателей в товарах высокого качества в срок и в необходимом количестве.

Для более подробного понимания важности функционирования распределительных центров был рассмотрен пример РЦ торговой сети «Мария-Ра» в г. Новоалтайск, Алтайского края.

Мария-Ра – крупнейшая розничная сеть, представленная в 5 регионах Сибири: Алтайский край, Республика Алтай, Новосибирская, Кемеровская и Томская области. Данная торговая сеть имеет 1287 магазинов в 268 населенных пунктах. За 30 лет, с момента открытия первого магазина, Мария-Ра выросла до мощного холдинга с собственными производственными предприятиями.

Первый и самый крупнейший складской комплекс в Сибири был построен в 2003 году, в г. Новоалтайск. Территория распределительного центра составляет 40 тысяч квадратных метров, и на этой территории трудятся около 2000 сотрудников, которые отвечают каждые за свои обязанности: круглосуточный прием товара, распределение, отгрузка и отправка товаров покупателям.

Данный распределительный центр оснащен современным складским оборудованием. При работе используются инновационные технологии и разработки в области складской логистики.

За сутки распределительный центр обрабатывает до 2000 тонн товара, ассортиментом более 5000 наименований.

Полная автоматизация процессов приема, хранения и отгрузки товаров в распределительных центрах значительно повышает эффективность операций. WMS (Warehouse Management System) - это программа, автоматизирующая бизнес-процессы складских операций. Разделяя склад на зоны по типу технических задач и автоматизируя процедуры приема, размещения хранения, обработки и отгрузки товаров, она упорядочивает работу персонала в каждой зоне и эффективно распределяет зоны ответственности. При организации команд, система также создает оптимальные маршруты перемещения оборудования внутри комплекса, тем самым ограничивая простои складской техники. Таким образом, система контролирует поведение всех сотрудников и практически полностью исключает возможность неправильной доставки или ошибочного размещения заказов.

С 2012 года в РЦ используется третье поколение газовых камер для бананов. Это современное оборудование позволяет отбирать фрукты по степени спелости, благодаря чему максимальная спелость достигается на прилавке магазина, а не на складах или в дороге. Наличие собственных бананников позволило обеспечить идеальный ритм поставок и полностью удовлетворить спрос покупателей на этот продукт.

С 2013 года был установлен пятиэтажный мезонин, который увеличил складские площади в четыре раза и позволил совмещать хранение на паллетах и мелкоштучные товары (на полках). С введением в эксплуатацию мезонина количество обрабатываемых наименований увеличилось в 2,5 раза по сравнению с предыдущей технологией.

Для доставки товаров из РЦ в отдельные магазины сети используются собственные и привлеченные транспортные средства от 10 до 20 тонн. Ежемесячно автомобили преодолевают более 2,5 миллионов километров, доставляя товары в магазины сети.

Распределительные центры обеспечивают особые условия хранения, необходимые для деликатных товаров, с постоянной температурой и близким расположением товаров. Благодаря этому из РЦ в магазины поступают товары высокого качества с отличным товарным видом.

В 2021 был открыт второй распределительный центр, в г. Кемерово, площадью 28 тысяч квадратных метров. На данном складе используется технология Pick-by-Voice – система для голосового управления складскими операциями, осуществляющая быструю и безошибочную сборку товаров на высоконагруженных складах без бумажных документов и терминалов сбора данных. Использование гарнитуры позволяет не отвлекать взгляд и не занимает руки, а концентрирует сотрудников на складских операциях.

Также, для оптимизации перевозок Мария-Ра применила технологии нового сервиса компании Яндекс – «Яндекс. Маршрутизация». Система автоматически планирует маршруты для грузовиков с прицепами. Она выстраивает маршруты таким образом, учитывая характеристики транспортного средства, для определения подходящего места подъезда к магазину, парковке.

Так же были уделено внимание заботе об экологии. Для этого были приобретены новыетранспортные средства, соответствующие экологическим стандартам.

Заключение

На смену традиционным складским помещениям приходят новые формы организации процесса – распределительные центры. Они позволяют организовать поставку товаров на полки магазина своевременно и оставить потребителя довольным. Благодаря эффективному функционированию таких распределительных центров торговая сеть «Мария-Ра» входит в топ 15 крупнейших продовольственных компаний России.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Логистическим компаниям // Мария-Ра: [офиц. сайт] / Мария-Ра. –URL: <https://corp.maria-ra.ru/partners/logistics/>(дата обращения 25.03.2023).
2. Фотофакты. Бананники 4-го поколения: «Мария-Ра» впервые показала свой логистический центр // ALTAPRESS.RU:[информационный портал] / Редакция информационного сайта altapress.ru. – 2001-2023. –URL: https://altapress.ru/ekonomika/story/fotofakti-bananniki-go-pokoleniya-mariya-ra-vpervie-pokazala-svoy-logisticheskij-tsentr-171682#pic_247131(дата обращения 25.03.2023).
3. Как Мария-Ра доставляет свежие продукты по всей Сибири // RetailLoyalty:[информационный портал] / ЖурналRetail&Loyalty. – 2012-2023. – URL: <https://retail-loyalty.org/expert-forum/kak-mariya-ra-dostavlyaet-svezhie-produkty-po-vsey-sibiri/>(дата обращения 25.03.2023).
4. О компании // Мария-Ра: [офиц. сайт] / Мария-Ра. – URL: <https://www.maria-ra.ru/o-kompanii/>(дата обращения 25.03.2023).
5. Складской рынок и планы развития инфраструктуры на 2023 год// LobanovLogist.: [информационный портал] / Lobanov-Logist.ru. – 2007-2023. – URL: <https://www.lobanov-logist.ru/library/359/64852/>(дата обращения 25.03.2023).

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ЧИЗЕЛЬНО-ДИСКОВОГО АГРЕГАТА

Климов Александр Владимирович, аспирант кафедры «Наземные транспортно-технологические системы», e-mail:aleksandr_klimov_1996@mail.ru

Научный руководитель - Сороченко Сергей Федорович, д.т.н., профессор,
e-mail:sorochenkosf@list.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Выполнен анализ комбинированных чизельно-дисковых агрегатов и применяемых технологий чизельной обработки почвы. Описаны достоинства и недостатки технических решений по патентной и технической литературе. Выявлены тенденции развития объекта исследования. Предложено использование результатов проведенного анализа при разработке комбинированного чизельно-дискового агрегата.

Ключевые слова: комбинированные агрегаты, основная обработка почвы, чизель, оптимизация конструктивных параметров, оптимизация режимов работы.

На сегодняшний день в сфере сельскохозяйственного производства уделяется много внимания повышению его рентабельности и эффективности, что, в свою очередь, требует внедрения в процесс производства современных технологий по возделыванию культур, а также высокопроизводительной техники, которая позволяет сберечь биологические и энергетические ресурсы.

Одним из важнейших технологических процессов в земледелии, который позволяет создавать благоприятные условия для роста и развития культурных растений, является механическая обработка почвы. Это положительно влияет на биохимические, биологические и физико-механические процессы, происходящие в почве. Помимо этого, механическая обработка почвы улучшает и её питательный режим.

Качественное влияние на продуктивность возделывания сельскохозяйственных культур оказывает основная обработка почвы, которая осуществляется осенью. В настоящее время для основной обработки почвы хорошо себя зарекомендовали чизели. Данные орудия рыхления почвы разрушают уплотненные слои в нижних горизонтах, благоприятно влияют на водно-воздушный баланс почвы и способствуют улучшению урожайности за счет роста биологической активности обрабатываемого участка.

В связи с этим предлагаемая работа, направленная на повышение эффективности комбинированного чизельно-дискового агрегата за счет оптимизации конструктивных параметров рабочих органов и режимов работы агрегата, является актуальной и имеет большое значение для развития сельского хозяйства страны.

Целью работы является анализ существующих решений в области оптимизации конструктивных параметров рабочих органов и режимов работы комбинированного чизельно-дискового агрегата и выявление тенденций развития объекта исследования.

В комбинированном агрегате по патенту на изобретение № 206472 [1] имеется два ряда режущих дисков, установленных на индивидуальные стойки, один ряд лап-глубококорыхлителей с режущими ножами и планчато-спиральный каток. Технический результат достигается благодаря тому, что рама чизельного модуля выполнена в виде качающегося звена параллелограммного механизма подъема и опускания глубококорыхлителей, что позволяет сохранять угол атаки рабочего органа. Достоинства: за счет применения объединённой системы регулировок параллелограммных механизмов обеспечивается снижение трудозатрат на регулировки и расширение функциональных возможностей за счет дополнительной операции лушения без чизелей. Недостатки: каждая рабочая зона чизельного модуля не имеет защиту от перегрузок.

В машине по патенту на изобретение №209639 [2] технический результат достигается за счет внедрения системы внесения удобрений, состоящей из тукопровода установленного на раме с помощью горизонтального шарнира и соединённого с рамой агрегата пружиной растяжения, дающей возможность угловых колебаний, а в нижней части установлен шток-толкатель с пружиной сжатия, соединяющий стойку и тукопровод оснащённый соплом-распылителем для внесения жидкостных удобрений. Достоинства: совмещение глубокой обработки почвы с одновременным внесением удобрений при подготовке почвы для посева и посадки сельскохозяйственных культур. Недостатки: усложнение конструкции чизельного модуля за счет внедрения дополнительных узлов системы внесения удобрений; увеличение тягового сопротивления; забивание тукопровода в работе с влажной почвой.

В машине по патенту на изобретение № 2661405 [3] представленная конструкция глубококорыхлителя (рисунок 1) позволяет огибать препятствия по дуге за счет держателя оси 1 стойки рабочего органа 4 и газовой пружины 11, а также позволяет компенсировать силу противодействия почвы для сохранения угла атаки рабочего органа при работе. Крепление держателя стойки рабочего органа 1 выполнено болтовым соединением, что влечет за собой трудоемкий процесс при смене глубины обработки всего модуля глубококорыхлителя.

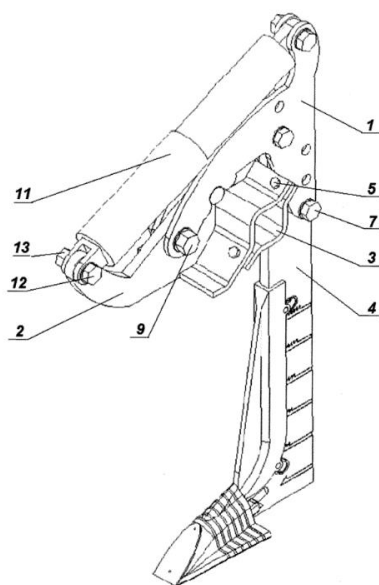


Рисунок 1 – Глубококорыхлитель [3]

Тяжелый многоцелевой культиватор для основной обработки почвы VEDERSADTopDown 300-700 [4], представленного на рисунке 2, включает в себя два ряда режущих дисков, четыре ряда чизельных стоек, ряд выравнивающих дисков и два ряда прикатывающих катков. Комбинированный культиватор был разработан с целью выполнения одновременно за один проход полную поверхностную и глубокую обработку почвы. Преимущества разработки: гидравлическая защита стоек с возможностью регулировки усилия срабатывания гидроцилиндра на полях с разной плотностью почв; возможность установки системы внесения удобрений; доукомплектование агрегата высевающей системой. Недостатки: отсутствие возможности регулировки глубины обработки чизельных стоек с сохранением рабочего угла атаки.



Рисунок 2 – Тяжелый многоцелевой культиватор VEDERSADTopDown 300-700 [4]

Таким образом, при разработке комбинированного чизельно-дискового агрегата следует обратить внимание на следующие тенденции развития объекта: внедрение механизма регулировок чизельного модуля с сохранением рабочих углов атаки; оптимизация конструкции под сменные модули для различных технологических операций; уменьшение вероятности забивания системы внесения удобрений.

Выводы:

- 1) выполнен поиск существующих решений в области оптимизации конструктивных параметров рабочих органов и режимов работы комбинированного чизельно-дискового агрегата;
- 2) выявлены тенденции развития объекта исследования;
- 3) в ходе составления технического предложения на комбинированный чизельно-дисковый агрегат следует пользоваться результатами проведенного анализа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Патент № 206472 Российская Федерация, МПК А01В3/36 (2006.01), А01В3/40 (2006.01), А01В3/40 (2006.01), А01В3/40 (2006.01); СПК А01В3/40 (2006.01), А01В3/40 (2006.01). Навесная диско-чизельная борона: № 2021115821: заявл. 31.05.2021: опубл. 13.09.2021 / Тарасенко Б. Ф., Орленко С. Ю., Дмитриев Д. А., Хавьяримана Э.; заявитель ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина». – 9 с.
2. Патент № 209639 Российская Федерация, МПК А01В17/00 (2006.01), А01В13/08 (2006.01); СПК А01В17/00 (2022.01), А01В13/08 (2022.01). Рабочий орган мелиоративного чизеля-глубококорыхлителя-удобрителя: № 2021136190: заявл. 08.12.2021: опубл. 17.03.2022 / Исаев Х. М., Кузнецов В. В., Купреенко А. И., Исаев С. Х., Михайличенко С. М., Лаптева Н. А.; заявитель ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет». – 6 с.
3. Патент № 2661405 Российская Федерация, МПК А01В35/00 (2006.01); СПК А01В35/00 (2006.01) Глубококорыхлитель: № 2016124920: заявл. 21.06.2016: опубл. 16.07.2018 / Щукин С.Г., Альт В.В., Коноводов В.В., Вальков В.А.; заявитель ФГБОУ ВО «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук». – 18 с.

4. TopDown – тяжелый многоцелевой культиватор // vederstad: [информационный портал] / Компания «VEDERSTAD». – 2022. – URL: <https://www.vaderstad.com/ru/obrabotka-pochvy/kombinirovany-kultivator/topdown/> (дата обращения 03.04.2023).

ВЛИЯНИЕ АВТОТРАНСПОРТА НА ЭКОЛОГИЮ

Козловский Михаил Константинович, студент группы ЭТМ-01, e-mail:kozlovskiy.miha@mail.ru
Научный руководитель - Баранов Алексей Сергеевич, к.т.н., зав. каф. АиАХ,
e-mail:baranowas@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

На сегодняшний день загрязнение экологии является важной проблемой человека. Значительную роль в загрязнении окружающей среды составляет автотранспорт. Автотранспорт сейчас имеет важный фактор в жизни человека. Целью работы является изучение влияния автотранспорта на экологию. Разобраться, какие факторы автотранспорта и виды деятельности, связанные с ним, влияют на экологию. Найти самый эффективный способ снизить влияние автотранспорта на экологию.

Ключевые слова: выбросы, основные загрязнители, электромобили, применение сжиженного углеводородного газа, способ снизить влияние автотранспорта.

Загрязнение окружающей среды - одна из основных проблем человечества в современном мире. Сейчас идет перенаселение планеты, и угроза загрязнения окружающей среды происходит значительно сильнее, нежели 1000 лет назад. Значительная роль в загрязнении окружающей среды составляет автотранспорт.

Исходя из статистики, составленной МВД России, в городе Барнаул на 1000 человек приходится 335 автомобилей. На сегодняшний день население в городе – 698600 людей. Из расчетов получается, что в городе 234031 автомобилей.

В мае 2022 года началась реконструкция моста на Новом рынке, что негативно повлияло на транспортную развязку в городе. Из-за того, что закрыли движение на Новом рынке, стали образовываться пробки в 10 баллов. Чтобы добраться до мест работы, люди проводят огромное время в пробках. Это сильно повлияло на экологию в городе. Чтобы доехать до работы, людям нужно больше времени, и, следовательно, автомобиль больше выбрасывает в атмосферу вредные вещества, такие как диоксид и оксид углерода, оксиды азота, формальдегид, бензол, бензопирен, сажа.

Выбросы стоят на первом месте по загрязнению атмосферных слоев. Это вызывает глобальное потепление, становится причиной кислотных дождей.

Количество отработанных газов определяют расходом топлива. Норма указывается производителем в технических характеристиках автомобильного транспорта. Объем выхлопных газов рассчитывают по схеме - 1 кг сожженного бензина образует 15,5 кг различных газовых смесей.

Бензиновый двигатель выбрасывает в воздух от 0,7 до 0,8 г/см³, автомобиль, работающий на дизельном топливе, оставляет 0,8 г/см³. До 75% свинца, окисей углеродов, азота загрязняют атмосферу, из них 40% выпадает на почву, остальное остается в воздухе.

К загрязнению автотранспортом также нужно отнести любую деятельность с ним:

- заводы, производящие сами автомобили;
- станции технического обслуживания;
- магазины запчастей;
- автомойки;
- теплые проковочные места;
- производство переработки сырья;
- заправки.

Результаты промышленного воздействия:

- выбросы в природу токсичных для живых организмов газов и соединений;

- разрушение естественной среды обитания растений и животных;
- снижение биоразнообразия;
- выпадение кислотных дождей, губительных для фауны.

Автомобиль – это сложный механизм, и он требует обслуживания и ремонта.

Загрязнение среды осуществляются как от основной деятельности автосервиса, так и от вспомогательной. В зависимости от осуществляемых видов работ могут относиться к III категории или IV категории.

Сточные воды от мытья автомобилей образуются на специализированных мойках в черте города, на автотранспортных предприятиях, в троллейбусном парке. Состав сточных вод и их свойства зависят от времени года, состояния дорог, технического состояния автомобиля, а также качества и продолжительности мойки.

Основные загрязнители сточных вод, образующихся при мойке автомобилей, – механические примеси и нефтепродукты. Сточные воды содержат смазочно-охлаждающие жидкости, моторные масла, асфальт, песок, соли тяжелых металлов, различные виды топлива, а также использованные моющие средства.

Все вышеперечисленные помещения – отапливаемые. Так как они отапливаются, то нужно добавить и теплоэлектроцентраль. Также все эти помещения используют электричество, следовательно, надо отнести еще и электростанции.

Применение сжиженного углеводородного газа (пропан-бутан) в качестве моторного топлива позволяет улучшить экологические характеристики автомобильного транспорта, что особенно важно для крупных городов.

Установлено 5 экологических классов и сроки введения в действие технических нормативов выбросов в отношении автомобильной техники, выпускаемой на территории Российской Федерации:

- экологического класса 2 с 2006 года;
- экологического класса 3 с 1 января 2008 года;
- экологического класса 4 с 1 января 2010 года;
- экологического класса 5 с 1 января 2014 года.

Автомобили, работающие на СУГ, уже сейчас соответствуют экологическим нормам Евро-4.

Можно сделать следующие выводы:

- СО-показатель газового автомобиля на 66,5% ниже значений бензинового;
- Суммарные значения HC + NOx газового автомобиля на 66,4%;
- CO2-значения газового автомобиля на 13% ниже значений бензинового.

Сжиженный нефтяной газ пропан-бутан уже более пятидесяти лет является достойной альтернативой бензину. Несмотря на незначительные различия в процессе эксплуатации, сжиженный нефтяной газ крайне схож по своим характеристикам с бензином.

Переход на электромобили значительно улучшит экологию, нежели обычные автомобили.

Это касается как гибридов, так и полностью электромобилей.

По данным аналитического агентства "Автостат", на начало текущего года в Алтайском крае насчитывалось 211 электромобилей. Сейчас используется 7 типов аккумуляторов в электромобилях:

- металл-воздушные АКБ;
- литий-никель-марганец-кобальт-оксидные АКБ;
- литий-ионные АКБ;
- литий-полимерные АКБ;
- литий-железо-фосфатные АКБ;
- алюминий-ионные АКБ;
- литий-серные АКБ.

Все эти аккумуляторы объединяют три фактора, которые негативно влияют на экологию:

- изготовление АКБ;
- зарядка АКБ;
- утилизация АКБ.

Самая большая проблема экологии из-за электромобилей - это утилизация аккумуляторов авто. Аккумуляторы отправляют на свалку или другое место захоронения без восстановления какой-либо оставшейся стоимости.

Ввести обязательную проверку на экологичность автомобиля, как частных, так и фирм. Зачастую автовладельцы не акцентируют свое внимание на экологичность автомобиля.

У неисправной машины выхлоп канцерогенных веществ увеличивается в 3-4 раза. А также следует запретить продажу катализатора автомобиля. Сейчас многие автовладельцы продают свои катализаторы тем самым нарушая конструкцию выхлопной системы своего автомобиля.

Преимущества катализатора

- возможность достижения высокой степени очистки (96%);
- компактность;
- небольшая металлоёмкость;
- высокая производительность;
- лёгкость автоматического управления.

Ну и самый эффективный способ снизить влияние автотранспорта на экологию – это уменьшить число автомобилей на дороге. Этого можно достигнуть несколькими факторами.

Первый фактор – поощрять сотрудников компаний за использование общественного транспорта, а также велосипедов и самокатов.

Второй - сделать больше велодорожек в городе, чтобы людям на велосипедах и самокатах было удобнее добираться до места назначения. Чаше проводить акции «День без автомобиля».

Третий фактор – убрать налоги с электромобилей и снизить налог гибридным автомобилям. Благодаря этому у людей с этими авто будут преимущества, из-за чего большинство людей будут хотеть пересесть на данный вид транспорта.

Четвертый фактор – ввести льготы людям, которые заботятся об окружающей среде. Ввести специальное удостоверение, доказывающее, что данный гражданин заботится об экологии. Льготы могут быть следующие: скидка на общественный транспорт и на заряд своего электромобиля, раз в определенный промежуток времени давать путевку в санаторий.

Если следовать всем пунктам, представленным выше, мы значительно улучшим воздействие автотранспорта на экологию. Но также не надо забывать, что человек сам должен заботиться об экологии планеты. Если мы сами не позаботимся о природе, то никто за нас это не сделает. Надо помнить, что если мы продолжим загрязнять экологию, нашим потомкам уже не увидеть той красоты природы, которую мы, к сожалению, не ценим.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Экологичность ГБО, сравнение выбросов в атмосферу бензина и пропана // VERVEX: [информационный портал] / Vervex – Газовые заправочные комплексы, поставка газа. –2023. – URL: <https://www.vervex.ru/about/news/novosti/ekologichnost-gbo-sravnenie-vybrosov-v-atmosferu-benzina-i-propana/> (дата обращения 25.03.2023).

2. Исследовательская работа «загрязнение атмосферы автотранспортом» // Эко-тех:[информационный портал]/ Проблемы экологии и жизнь людей «Эко-тех».– 2023. – URL: <https://ekotechprom.ru/voprosy-ekologii/zagryaznenie-okruzhayushchej-sredy-avtomobilyami.html> (дата обращения 05.04.2023).

3. Автостат: [информационный портал] / ООО «Автомобильная статистика». – 2005-2023. – URL: <https://www.autostat.ru/> (дата обращения 05.04.2023).

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МАРШРУТНОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДЕ БАРНАУЛ

Костенкова Дарья Владимировна, бакалавр кафедры «Организация и безопасность движения», e-mail:dasha49kosty@gmail.com

Научный руководитель - Нечаев Константин Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail:t1001t@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье рассматривается актуальная проблема, связанная с высокими показателями аварийности на маршрутном общественном транспорте в городе Барнаул. Проведен анализ статистических данных по дорожно-транспортным происшествиям с участием всех видов маршрутного общественного транспорта за период с 2020 по 2022 год. Сформулированы основные причины высоких показателей аварийности маршрутного общественного транспорта в городе Барнаул.

Ключевые слова: дорожно-транспортные происшествия (ДТП), Барнаул, маршрутный общественный транспорт, аварийность.

Ежедневно на участках дороги происходит множество дорожно-транспортных происшествий, и нередко участником ДТП является маршрутный общественный транспорт. Так, в городе Барнаул зафиксировано 379 ДТП с участием маршрутного общественного транспорта в период с 2020 по 2022 год. Согласно статистическим данным, число ДТП с участием общественного транспорта остается достаточно стабильным. В период с 2020 по 2021 год наблюдается рост числа ДТП с участием общественного транспорта. В 2020 году число ДТП с участием общественного транспорта составило 107 (28,232%) единиц. Однако следует отметить, что в 2020 году был введен карантин и различные ограничения в связи с распространением вируса COVID-19, поэтому пассажиропоток и интенсивность движения были ниже, чем в 2021 году, в котором число ДТП составило 141 (37,203%) единицу. В период с 2021 по 2022 год наблюдается незначительно снижение числа ДТП до 131 (34,565%) единицы.

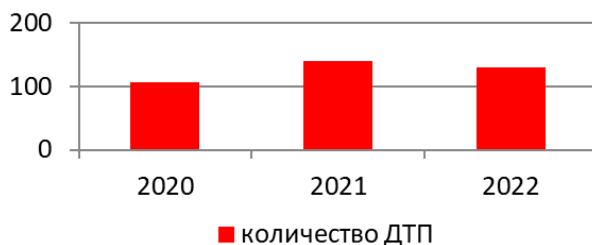


Рисунок 1 - Число ДТП с участием маршрутного общественного транспорта в городе Барнаул в период 2020-2022 гг.

На рисунке 2 представлена диаграмма числа ДТП с участием общественного транспорта в городе Барнаул в разное время года в период с 2020 по 2022 года. Число ДТП с участием общественного транспорта имеет рост ДТП в зимний период, что обосновано плохими погодными и дорожными условиями. В 2022 году наблюдается увеличение числа ДТП с участием общественного транспорта в осенний и зимний период, однако резкое увеличение числа ДТП с участием общественного транспорта пришлось на декабрь. Такая динамика связана с увеличением пассажиропотока, интенсивности движения, а также заторов на дорогах.

Данные, представленные на рисунке 4, показывают, что большая часть ДТП приходится на будние дни. К примеру, общее число ДТП с участием общественного транспорта в понедельник составило 73 (19,26%) единицы за 3 года, в пятницу – 87 (22,95%) единиц за тот же период. Однако в субботу число ДТП не превышало 43 (11,34%) единицы, а в воскресенье – 19 (5,01%) единиц. Причиной такой разницы является увеличение пассажиропотока в рабочие дни.

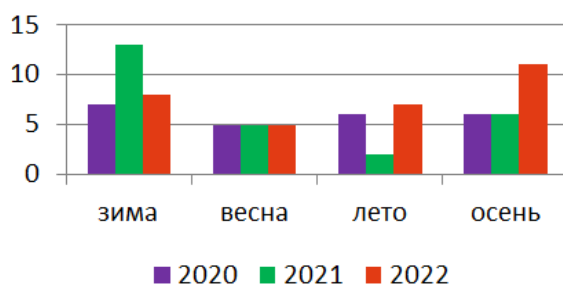


Рисунок 1 - Число ДТП с участием маршрутного общественного транспорта в г. Барнаул в разное время года в период с 2020 по 2022 гг.

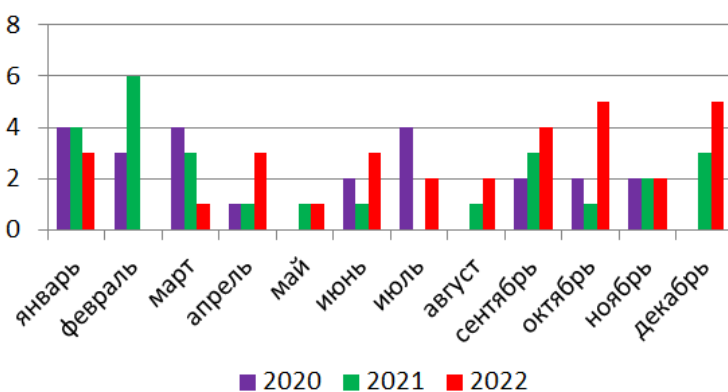


Рисунок 2 - Число ДТП с участием маршрутного общественного транспорта в каждом месяце в г. Барнаул за период с 2020 по 2022 гг.

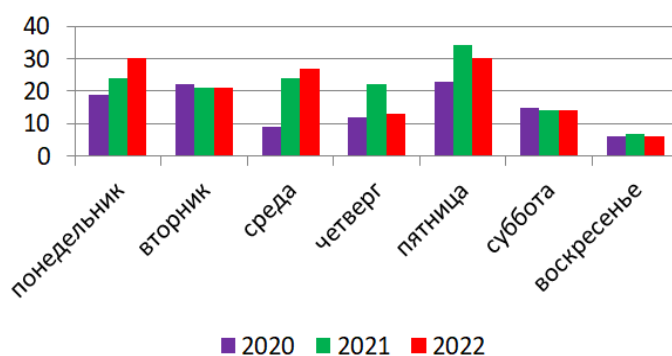


Рисунок 3 - Число ДТП с участием маршрутного общественного транспорта в г. Барнаул в разные дни недели в период с 2020 по 2022 гг.

В течение суток можно заметить резкие изменения в числе ДТП с участием маршрутного общественного транспорта (рисунок 5). Так, начиная с 7:00 происходит рост числа ДТП с участием маршрутного общественного транспорта, остается высоким до 19:00 с последующим значительным снижением. При этом можно выделить 3 характерных «пика» по ДТП с участием маршрутного общественного транспорта, которые приходятся на следующие периоды времени: с 7:00 до 9:00, с 11:00 до 14:00 и с 16:00 до 19:00. В эти периоды времени загрузка улиц движением является максимальной ввиду движения транспорта и пассажиропотока к местам притяжения: утром – к местам работы и обучения, в обеденное время – перерыв рабочего времени, вечером – по дороге домой.

На рисунке 6 показана диаграмма видов ДТП с участием общественного транспорта в г. Барнаул в период с 2020 по 2022 год. Падение пассажира, наезд на пешехода и столкновение являются наиболее распространенными видами ДТП с участием общественного транспорта. К 2022 году наблюдается незначительно снижение числа ДТП с участием общественного транспорта в городе Барнаул.

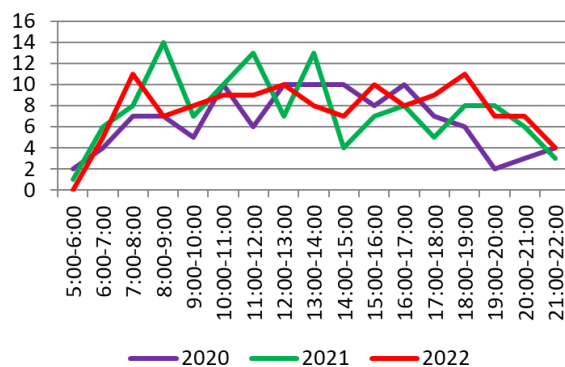


Рисунок 4 - Число ДТП с участием маршрутного общественного транспорта в г. Барнаул в разное время суток в период с 2020 по 2022 гг.

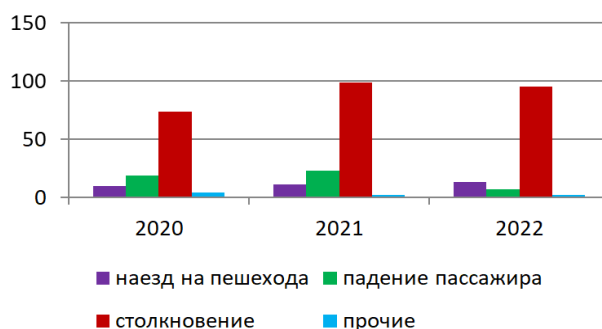


Рисунок 5 - Число ДТП с участием маршрутного общественного транспорта разных видов в г. Барнаул в период с 2020 по 2022 гг.

Несмотря на то, что в г. Барнаул в 2022 году по сравнению с 2021 годом наблюдается незначительное снижение числа ДТП, показатели аварийности остаются на достаточно высоком уровне. Поэтому следует обратить внимание на систему городского общественного транспорта и предпринять меры к разработке мероприятий по снижению аварийности на маршрутном общественном транспорте.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения // Госавтоинспекция: [офиц. сайт] / Официальный сайт ГИБДД МВД России. – 2023. – URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 02.04.2023).
2. Отраслевой дорожный методический документ. Рекомендации по учету и анализу дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах российской федерации // Консорциум Кодекс: [сайт] / Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – 2023. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200120721> (дата обращения 02.04.2023).
3. Правительство Российской Федерации. Постановление от 19 сентября 2020 года N 1502 // Консорциум Кодекс: [сайт] / Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – 2023. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/565837299> (дата обращения 02.04.2023).

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ АВАРИЙНОСТИ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ

Кравченко Алексей Иванович, студент гр. ТТП-01, e-mail:alex20030403@gmail.com
Научный руководитель - Печатнова Елена Владимировна, к.т.н., доцент,
e-mail:phukcia@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Вопросы и исследования, связанные с анализом особенностей аварийности в различных условиях, продолжают оставаться актуальными в связи с высокой дорожно-транспортной аварийностью. В работе проведена оценка аварийности на дороге Р-256 Чуйский тракт в Республике Алтай. Проанализированы данные за 2021 год. Рассмотрены такие вопросы, как: распределение показателей аварийности по месяцам года, по дням недели, а также структура аварийности по видам ДТП.

Ключевые слова: *ДТП, горные условия безопасность дорожного движения, особенности аварийности, структура аварийности.*

Высокая аварийность на автомобильных дорогах федерального значения представляет собой серьезную демографическую и социально-экономическую проблему, требующую решения на государственном уровне [1, 2]. Сложившийся дисбаланс между ростом уровня автомобилизации и развитием дорожно-транспортной сети в России оказывает негативное влияние на условия движения автомобильного транспорта, что значительно повышает риск возникновения дорожно-транспортных происшествий. Согласно статистической информации, ежедневно на дорогах России погибает около 40 человек, что равносильно ежедневной авиакатастрофе.

Основу транспортной сети страны составляют автомобильные дороги федерального значения. Федеральные автомобильные дороги отличаются высокой интенсивностью движения, при этом их протяженность составляет всего 8% (50,8 тыс. км) в сети дорог общего пользования. Высокая интенсивность движения является одним из ведущих факторов, который ведет к большому количеству дорожно-транспортных происшествий. Также важно отметить, что тяжесть их последствий на участках дорог федерального значения в два раза превышает среднее значение данного показателя для населенных пунктов и составляет около 10 погибших на 100 пострадавших.

Для определения причин и разработки мер по предупреждению ДТП и снижению их тяжести необходимо учитывать условия и особенности движения на дорогах. В настоящее время остается недостаточно изученной проблема аварийности на федеральных дорогах в горной местности. При этом авторы, проводящие исследования в данной сфере, отмечают ее высокую актуальность [3–5].

Целью работы является анализ особенностей аварийности на федеральных дорогах в горной местности на примере Республики Алтай. Отличительной особенностью дорог в горной местности являются наличие затяжных подъемов, поворотов малого радиуса, участков с ограниченной видимостью. Перечисленные особенности усложняют процесс движения, что требует от водителей повышенной внимательности.

Для проведения работы получены и проанализированы официальные данные о ДТП за 2021 год на федеральной дороге Р-256 Чуйский тракт на территории Республики Алтай. Исходная информация получена с сайта stat.gibdd.ru. В рамках анализа получено, что на участке федеральной трассы Р-256 Республика Алтай в 2021 году было зарегистрировано 102 ДТП, в которых погибли 14 и получили ранения 149 человек. Проанализировано распределение аварийности по месяцам года (рисунок 1). Согласно полученным данным, первое полугодие характеризуется меньшими показателями аварийности, а максимальные значения приходятся на второе полугодие, а именно август, сентябрь и декабрь.

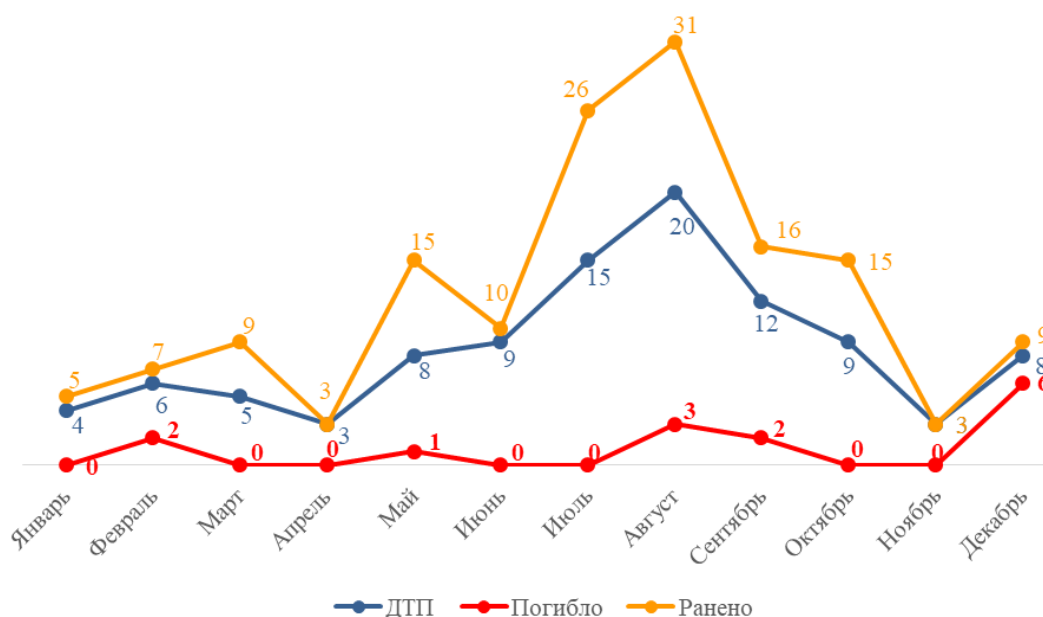


Рисунок 1 – Динамика показателей аварийности по месяцам

Далее проведен анализ распределения числа ДТП по дням недели, которое представлено на рисунке 2. За анализируемый период наибольшее количество дорожно-транспортных происшествий зарегистрировано в среду (17, или 16,7%) и субботу (20, или 19,6%), а наибольшее число погибших – в пятницу (2, или 16,6%) и субботу (5, или 41,6%).

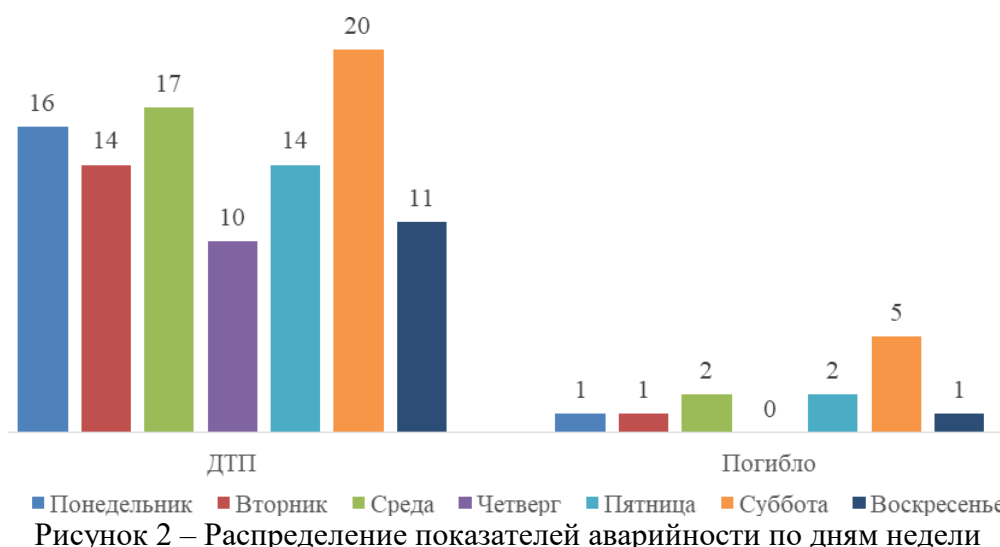


Рисунок 2 – Распределение показателей аварийности по дням недели

Структура аварийности по видам ДТП представлена на рисунке 3. Более трети ДТП представляют собой столкновения. Также распространены съезды с дороги, что является отличительной особенностью.

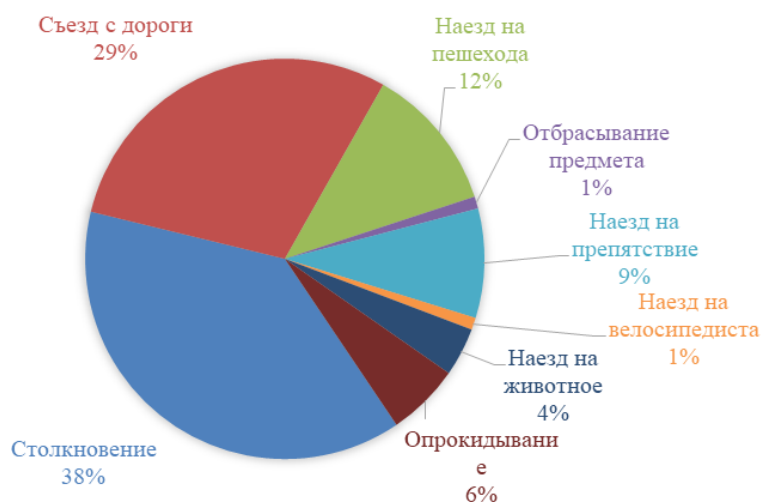


Рисунок 3 – Структура аварийности по видам ДТП

Исходя из анализа основных показателей дорожно-транспортной аварийности, можно сделать вывод о том, что аварийность в горной местности имеет свои отличительные особенности. К ним можно отнести следующие: значительное увеличение аварийности в летний период и в декабре, подъем показателей аварийности в субботу, а также высокая доля съездов с дороги в структуре аварийности. Распределение ДТП по месяцам и дням недели указывает на то, что вероятной причиной аварий является увеличение туристического потока, а большое количество съездов с дороги – с особенностями дорожной сети.

В связи с тем, что в горных условиях изменение геометрических характеристик дороги, в том числе расширение проезжей части и увеличение числа полос движения, сопряжено с высокой трудоемкостью и значительными материальными затратами, основой повышения безопасности дорожного движения должны стать широкое применение технических средств и методов организации дорожного движения и превентивные меры, направленные на соблюдение ПДД водителями и повышение культуры вождения. Данные мероприятия позволят не только повысить безопасность и эффективность, но и упорядочить движение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Печатнова Е.В. Определение зависимостей риска возникновения ДТП различных видов от количества осадков / Е.В. Печатнова, В.Н. Кузнецов // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 3-4. – С. 63-70. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49573125>. – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

2. Печатнова Е.В. Факторы возникновения дорожно-транспортных происшествий с особо тяжкими последствиями / Е.В. Печатнова, В.Н. Кузнецов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2022. – Т. 19., № 2. – С. 224-235. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48504010>. – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

3. Абдул Рашид Р.Ф. Дорожные условия и безопасность движения на дорогах Афганистана / Р.Ф. Абдул Рашид, С.С. Близниченко // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. – 2013. – Т. 2. – С. 9-16. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22004408>. – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

4. Молдалиев Э.Д. Исследование закономерностей режимов движения на горных обходных автомобильных дорогах вокруг малых городов / Э.Д. Молдалиев, К.Ж. Мамбеталиева // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2020. – № 3. – С. 34-40. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46121560>. – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

5. Кортиев А.Л. Взаимовлияние транспортных средств, водителя и дороги при повышении безопасности движения на горных дорогах / А.Л. Кортиев, А.Г. Тедеев // Проектирование специальных машин для освоения горных территорий. Материалы международной

научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет». – 2016. – С. 176-181. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=275915170>. – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

ОБЩИЕ ОСОБЕННОСТИ АВАРИЙНОСТИ НА ДОРОГЕ Р-256 ЧУЙСКИЙ ТРАКТ

Минайлова Екатерина Дмитриевна, студент гр. ТТП-01, e-mail: minaylova@bk.ru

Научный руководитель - Печатнова Елена Владимировна, к.т.н., доцент,

e-mail: phukcia@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Безопасность дорожного движения является государственным приоритетом. Особое значение имеет ее обеспечение на федеральных автомобильных дорогах, поскольку они представляют собой опорную дорожную сеть. В статье приведены результаты анализа аварийности на одной из наиболее загруженных дорог Сибирского Федерального округа – Р-256 Чуйский тракт. Проанализировано распределение ДТП по месяцам, структура аварийности по видам, а также объекты УДС на месте и вблизи места ДТП.

Ключевые слова: ДТП, федеральная дорожная сеть, структура аварийности, объекты УДС на месте ДТП, объекты УДС вблизи ДТП.

Современный транспорт является зоной повышенной опасности. Самым опасным признан автотранспорт, поскольку он является наиболее многочисленным и аварийным. В настоящее время возрастает потребность в повышении уровня безопасности дорожного движения в связи со значительными потерями, которые несет государство и общество в результате ДТП [1, 2]. При этом проблема низкого уровня безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах приобрела особую значимость в последнее десятилетие в связи с различными причинами, среди которых: повышение средней скорости движения, увеличение числа водителей с малым опытом вождения, рост автотранспорта, сохранение высокого числа нарушений ПДД, в том числе вождение в нетрезвом виде, несоблюдение дистанции на дороге, нарушение правил обгона.

На сегодняшний день уровень дорожно-транспортной аварийности в Алтайском крае становится всё более серьёзной и опасной проблемой. **Целью работы** является анализ аварийности на федеральной дороге Р-256 «Чуйский тракт». Эта дорога отличается высокой аварийностью: по данным 2021 года на ней погибло 37 человек, что составляет 16% среди всех погибших в ДТП в Алтайском крае, при этом протяженность дороги занимает 0,5% от протяженности автомобильных дорог края.

В рамках проведения работы получены и проанализированы официальные данные о ДТП за 2021 год на федеральной дороге Р-256 «Чуйский тракт» Новосибирск-Барнаул-Горно-Алтайск-граница с Монголией. Исходная информация получена с сайта stat.gibdd.ru. В ходе исследования были проанализировано 141 ДТП, в которых зафиксировано 37 погибших и 226 раненых.

Проанализировано распределение ДТП по месяцам года, которое представлено на рисунке 1. Выявлено, что наибольшие значения достигаются в июле и декабре, наименьшие – в феврале и апреле.

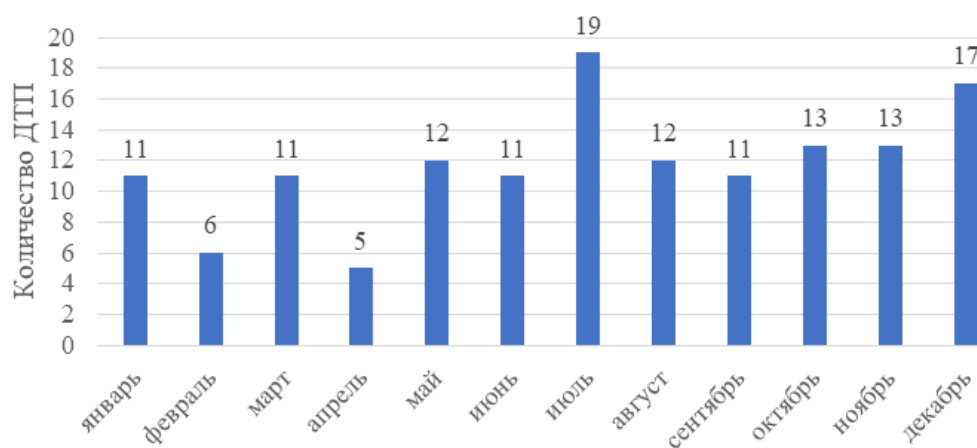


Рисунок 1 – Распределение ДТП по месяцам года

Структура аварийности по видам ДТП представлена на рисунке 2. Наибольшую часть занимают столкновения, съезды с дороги и наезды на пешеходов.

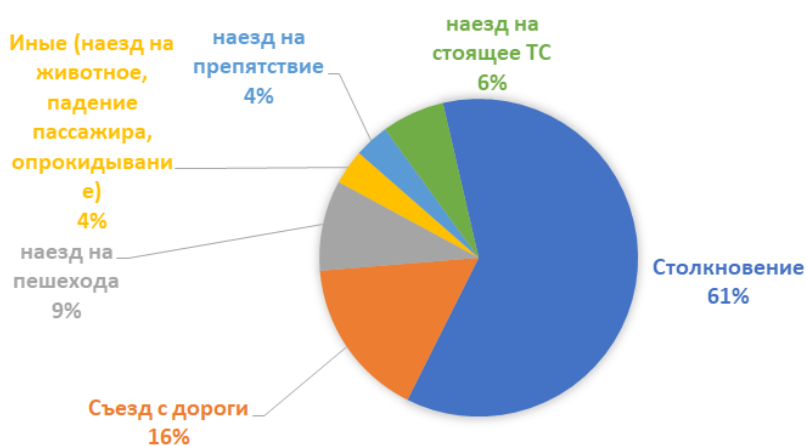


Рисунок 2 – Структура аварийности по видам ДТП

Далее для основных видов ДТП проанализирована связь с объектами УДС на месте ДТП и вблизи места ДТП.

Определено, что большая часть рассматриваемых аварий (около 80%) происходит на перегонах, что очевидно связано с распространенностью таких участков. Анализ объектов УДС на месте ДТП – столкновений показал, что 17% происходит на нерегулируемых перекрестках, 2% и 3% на нерегулируемых пешеходных переходах и выездах с прилегающей территории соответственно. Аналогичный анализ ДТП – наездов на пешеходов позволил выявить, что 23% таких аварий происходит на нерегулируемых пешеходных переходах и 8% – на нерегулируемых перекрестках. Практически все ДТП – съезды с дороги отмечаются на перегонах, только 4% – на АЗС.

Анализ объектов вблизи места ДТП показал следующее. Около 66% ДТП рассматриваемых видов происходит в отсутствии в непосредственной близости объектов УДС и объектов притяжения, что также связано с распространенностью таких участков. Анализ ДТП – столкновений, показал, что 13% аварий происходили вблизи АЗС. Аналогичный анализ съездов с дороги также показал опасность АЗС: 9% этих аварий произошли вблизи АЗС. Около 8% наездов на пешеходов также происходит вблизи АЗС, и столько же отмечается эстакад и остановок общественного транспорта.

Из проведенного анализа ДТП на Чуйском тракте получены следующие выводы. Общие показатели аварийности находятся на высоком уровне, что связано с высокой интенсивностью движения. Наибольшее число ДТП отмечается в июле и декабре. Наиболее распространенными видами ДТП являются столкновения, съезды с дороги и наезды на пешеходов. Среди объектов УДС на месте ДТП наибольшей потенциальной опасностью отличаются не-

регулируемые перекрестки и пешеходные переходы, а среди объектов УДС вблизи ДПТ – АЗС.

В связи с тем, что основным фактором аварийности является ежегодно повышающаяся интенсивность движения, необходимо расширять дорогу, что в определенной мере и осуществляется: до конца 2023 года завершатся работы на участке от границы Новосибирска областью в сторону Барнаула (км 135 – км 143) и перед Бийском (км 341 – км 344) [3]. Кроме того, необходимо повышать уровень соблюдения ПДД среди водителей, для чего рекомендуется проводить соответствующие мероприятия.

Для снижения тяжести последствий рекомендуется увеличение мероприятий по обеспечению соблюдения скоростного режима: согласно сведениям Всемирной организации здравоохранения, ускорение всего на 1% повышает риск автоаварии со смертельным исходом на 4%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Печатнова Е.В. Факторы возникновения дорожно-транспортных происшествий с особо тяжкими последствиями / Е.В. Печатнова, В.Н. Кузнецов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2022. – Т. 19., № 2. – С. 224-235. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48504010>. – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

2. Печатнова Е.В. Определение зависимостей риска возникновения ДТП различных видов от количества осадков/ Е.В. Печатнова, В.Н. Кузнецов // Мир транспорта и технологических машин. – 2022.– № 3-4. – С. 63-70. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49573125>. – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

3. Работы по расширению Чуйского тракта идут на шести участках в Алтайском крае // Федеральное казенное учреждение Упрдор «Алтай»: [официальный сайт] / Информавтодор. – URL: <https://alt.rosavtdor.gov.ru/departament/press-center/novosti/610781> (дата обращения: 01.04.2023).

СОСТОЯНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВАРИЙНОСТИ В ГОРОДЕ НОВОАЛТАЙСК

Митрофанова Полина Юрьевна, студент группы «Технология транспортных процессов»,
e-mail: polina.mitrofanova.2003@mail.ru

Научный руководитель - Нечаев Константин Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail: t1001t@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Актуальностью данной темы является основное положение Федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в России». В данной статье представлена статистика по дорожно-транспортным происшествиям за период с 2020 по 2022 год в городе Новоалтайск. Выявленные показатели ДТП позволят назначить необходимые мероприятия, для устранения неблагоприятных дорожных факторов в целях повышения безопасности движения на участках концентрации дорожно-транспортных происшествий.

Ключевые слова: ДТП, показатели, статистика, Новоалтайск, мероприятия, безопасность, аварийность, гибель, ранения.

Проблема аварийности на автомобильном транспорте – одна из самых распространенных социально-экономических проблем в стране. Учет и анализ дорожно-транспортных происшествий необходим для дальнейшего составления соответствующих мероприятий, которые приведут к значительному снижению аварийности.

Для выявления состояния показателей аварийности были использованы следующие статистические данные на рассматриваемой дорожной сети: минимальный расчетный период, позволяющий получить статистически достоверную оценку показателей аварийности – 3

года; дата и время происшествий; сведения об адресах ДТП, повлекших за собой гибель и ранения людей, за расчетный период [2].

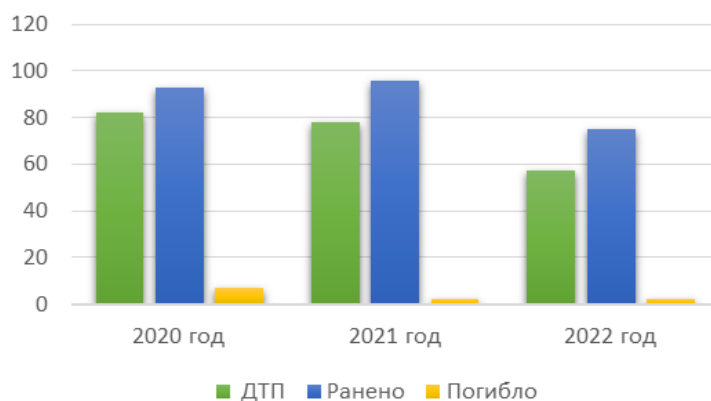


Рисунок 1 – Число ДТП за трехлетний период с пострадавшими, на территории города Новоалтайск

Проанализировав данные, представленные на рисунке 1, можно сделать вывод, что число ДТП за период с 2020 года по 2022 год снизилось на 30,49%, число раненых снизилось на 19,35% (на 18 человек), а количество погибших – на 71,43% (на 5 человек) [1].

Отметим, что аварийность на дорогах имеет значительную зависимость от времени года, что отражено на рисунке 2, наиболее аварийным сезоном является лето – 33,3%, что составляет 72 ДТП за 2020-2022 год. Среди основных причин, влияющих на происшествия, можно выделить: переутомление от жары, слепящий солнечный свет, мокрая дорога после дождей и потеря концентрации внимания из-за повышения скорости. В зимний и весенний период аварийность составляет 23% – 50 ДТП и 24,4% – 53 ДТП соответственно, за тот же расчетный период времени, и наименее аварийным временем года является осень – 19,3% – 42 ДТП [1].

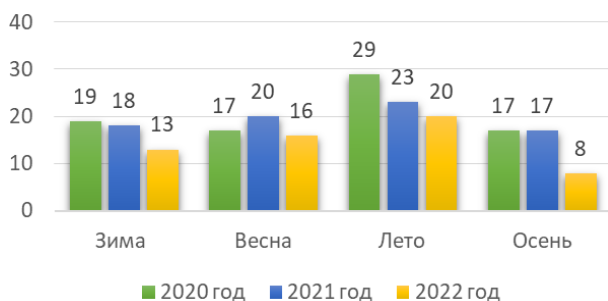


Рисунок 2 – Показатели аварийности по временам года за трехлетний период на территории города Новоалтайск

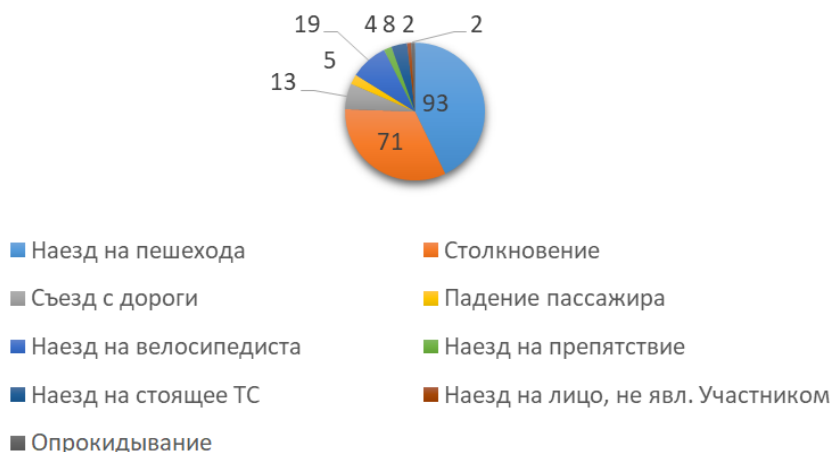


Рисунок 3 – Виды ДТП за трехлетний период на территории города Новоалтайск

На рисунке 3 представлены распределения видов ДТП на территории города Новоалтайск. Наиболее часто встречающимися видами ДТП являются наезд на пешеходов – 43% и столкновение – 33%. На долю всех остальных видов дорожно-транспортных происшествий приходится 24% от общего числа [1].

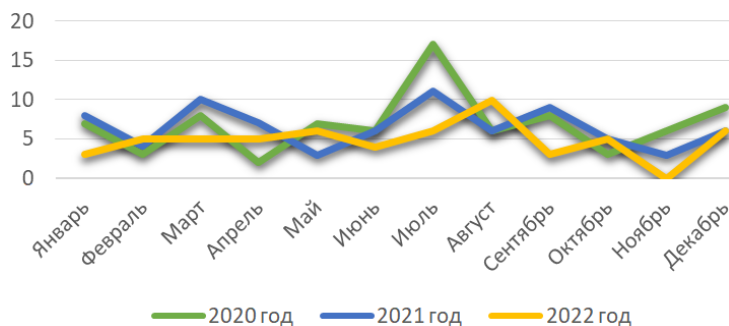


Рисунок 4 – Распределение аварийности по месяцам за период 2020 – 2022 гг. на территории города Новоалтайск

Проведя анализ аварийности по месяцам (рисунок 4), можно отметить, что наибольшее число дорожно-транспортных происшествий приходится на март (23 ДТП) и июль (34 ДТП). Значительное уменьшение ДТП наблюдается в ноябре 2022 года – за данный месяц не произошло ни одного дорожно-транспортного происшествия. За весь период замечаются колебания, которые приводят как к увеличению, так и уменьшению числа происшествий [1].

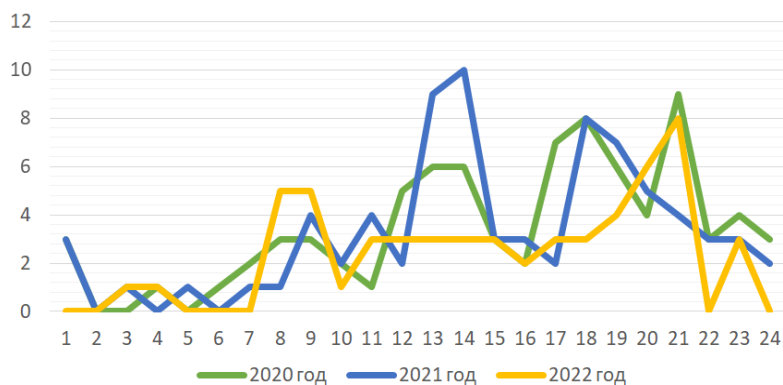


Рисунок 5 – Изменение числа ДТП по часам суток территории города Новоалтайск

В течение суток можно заметить резкие изменения в числе ДТП. Так, наиболее опасными периодами времени являются: утро с 7:30 – 9:30 (26 ДТП), обеденное время с 12:30 – 14:30 (46 ДТП) и вечернее время с 17:00-21:00 часа (63 ДТП) за расчетный период с 2020 по 2022 год (рисунок 5). Загруженность дороги в данное время очень высока, что напрямую влияет на возникновение различных дорожно-транспортных происшествий [1].

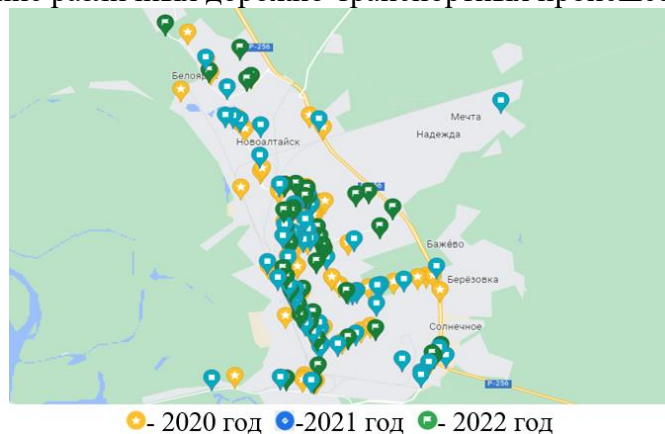


Рисунок 6 – Топографическая карта ДТП города Новоалтайск

Данные топографического анализа за 2020, 2021 и 2022 гг. на территории города Новоалтайск приведены на рисунке 6. Основными наиболее аварийными участками являются улицы: Октябренок, Военстроя, Октябрьская, Анатолия, Деповская, Прудская и Белоярская.

Анализ аварийности за три года в городе Новоалтайск показывает, что уровень дорожно-транспортного травматизма остается на довольно стабильном уровне. Данный анализ дает возможность предоставить ресурс, с помощью которого можно повысить безопасность дорожного движения. Этого можно добиться путем применения высокоэффективных методов, заведомо результативных и экономичных, нацеленных на все существующие риски, что повысит конечный результат мероприятий [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения / Госавтоинспекция: [сайт]. – URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 05.04.2023).
2. Отраслевой дорожный методический документ. Рекомендации по учету и анализу дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах Российской Федерации // Консорциум Кодекс: [сайт] / Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – 2023. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200120721> (дата обращения: 05.04.2023).
3. Постановление правительства Российской Федерации «О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013 – 2020 годах» от 3.10.2013 № 864 // Консорциум Кодекс: [сайт] / Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – 2023. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/499048500> (дата обращения 03.04.2023).

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА РЕГИСТРАЦИИ РЕАКЦИИ ВОДИТЕЛЯ НА БАЗЕ ТЕНЕВОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА

Недобежкин Дмитрий Станиславович, студент кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство», e-mail: dimanedobezhkin@list.ru

Научный руководитель – Шумов Николай Викторович, к.т.н., доцент, e-mail: shumovnv@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Показано использование теневого автомобильного тренажера для исследования времени реакции кандидатов в водители при различных стадиях формирования навыков управления транспортным средством. Приведены описания устройства определения времени реакции и схемы реакциомера.

Ключевые слова: автомобильный тренажер, водитель транспортного средства, навыки управления, система регистрации, реакциомер.

Особое место в снижении количества дорожно-транспортных происшествий занимает эффективная подготовка водителей транспортных средств. Статистический анализ аварийности показывает, что большинство ДТП происходит не в результате несовершенства конструкции транспортных средств, а вследствие ошибочных действий водителя. При управлении транспортным средством водитель вынужден выполнять моторные действия (мышечные движения) в очень быстром темпе, близком к пределу его психофизиологических возможностей. Особенностью управления автомобилем является невозможность разделения сенсорного (связанного с ощущениями) и моторного моментов. Сенсомоторная координация характерна для процессов регулирования траектории движения и скорости перемещения транспортного средства, что и определяет оптимальность действий водителя в штатных дорожных ситуациях.

Представляется очень важным использовать автомобильные тренажеры для исследования психофизиологических функций водителя в различных условиях его работы. Полу-

ченные с помощью тренажера результаты исследований должны быть вполне достоверными, а сформированные навыки правильными, ибо проверить их в реальной обстановке не всегда возможно. Для реализации этого авторами статьи предпринята попытка расширения области применения теневого автомобильного тренажера АТ-01М, широко используемого в настоящее время при подготовке водителей.

Дорожная обстановка в тренажерах такого типа воспроизводится с помощью теневой проекции. Для этого используется сферический диск с нанесенным на нем макетом местности. Рабочее место обучаемого оборудовано всеми стандартными органами управления и приборами базового автомобиля ВАЗ-2101. Действия органами управления преобразуются в движение диска с помощью электронного блока. Диск, перемещаясь относительно неподвижного точечного источника света, дает цветное теневое изображение на панорамном экране. При этом контролируется: скорость движения, включение передач, действия педалями сцепления и тормоза, управление подачей топлива и рычагом стояночного тормоза, включение указателей поворотов.

Для регистрации сенсомоторной реакции обучаемых и предъявления определенных команд по выполнению упражнений, учебный тренажер посредством коммутирующего блока и устройства согласования соединен с ПЭВМ (процессор – Intel 150Mhz, системная плата Intel – JTE8680-2A59GL1FC-00, оперативная память – 16Mb). Структурная схема системы регистрации и управления приведена на рисунке 1.

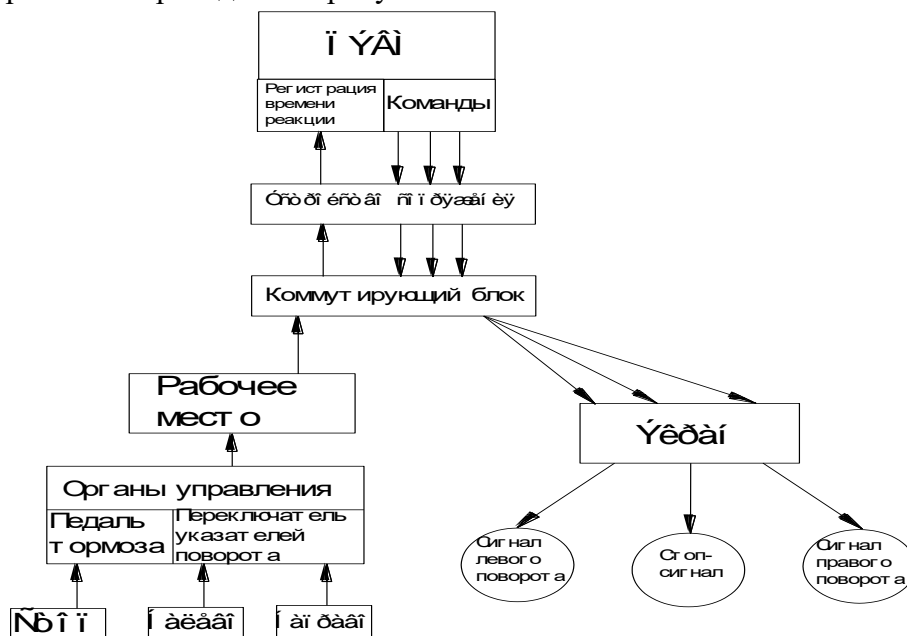


Рисунок 1 – Структурная схема регистрации времени реакции водителя.

Благодаря простоте сопряжения и удобству программирования выбран интерфейс Centronics, широко используемый для подключения к компьютеру нестандартных внешних устройств. Программное обеспечение разработано в объектно-ориентированной среде Delphi 7 и состоит из двух частей. Первая часть реализует процесс измерения времени реакции. Вторая часть предназначена для реализации алгоритма выдачи соответствующих команд для воздействия обучаемым на соответствующие органы управления тренажером. Шестимодульная программа описывает следующие процедуры: создание и закрытие формы, включение стоп-сигнала и указателей поворотов, таймера, редактора заданий, считывания данных с параллельного порта. В процедурах включения световых источников (сигналов торможения и указателей поворотов) используются вставки на языке низкого уровня Assembler. Цифровые данные результатов замеров времени реакций выводятся на экран монитора, распечатываются на принтере, заносятся в текстовой файл.

Блок-схема устройства сопряжения, обеспечивающего связь между коммутирующим блоком тренажера и компьютером, приведена на рисунке 2.

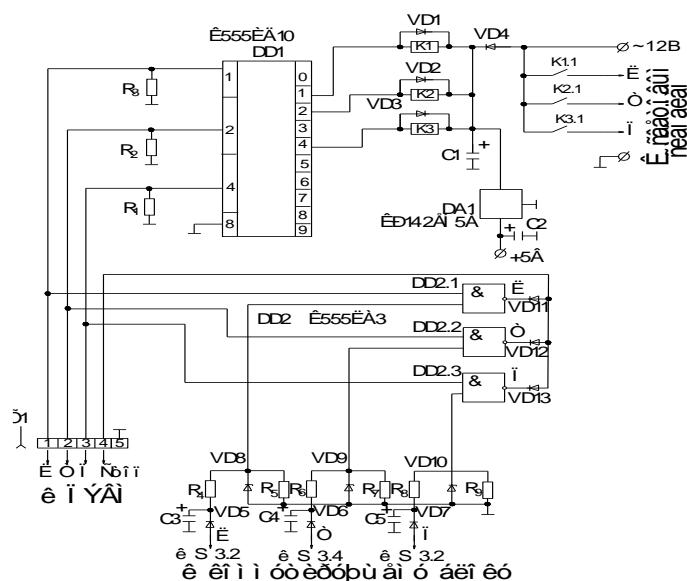


Рисунок 2 – Блок-схема устройства сопряжения.

При запуске режима измерения времени реакции на контактах 1,2,3 разъема X1 появляется сигнал высокого уровня, а на контакте 4 постоянно имеется высокий уровень. Отсчет времени реакции будет продолжаться до тех пор, пока на контакте 4 разъема X1 не появится низкий уровень, а его появление обусловлено нажатием на педаль тормоза либо включением указателя поворотов.

Для согласования уровней управляющих сигналов, поступающих от компьютера, используется дешифратор ДД1 К555 и Д10, который позволяет коммутировать нагрузки с токами до 80 мА при напряжении до 15В (реле К1, К2 и К3). В свою очередь эти реле своими контактами включают и выключают лампы световых сигналов экрана тренажера.

Логическое устройство, собранное на базе микросхемы ДД2 К555ЛА3 блокирует включение режима измерения времени реакции в случае не соответствия действий водителя предъявляемым сигналам. Для питания микросхем ДД1 и ДД2 применяется интегральный стабилизатор ДА КР142ЕН5А.

Применение предлагаемой системы регистрации времени реакции обучаемого (рисунок 3) дает основание утверждать, что использование данной разработки особенно эффективно в начальной стадии подготовки водителей.



Рисунок 3 – Определение сенсомоторной реакции обучаемого.

Обучаемый имеет возможность оперативно пройти проверку после каждого этапа профессиональной подготовки, тем самым проследить динамику усвоения основных приемов управления транспортным средством. В перспективе использование предлагаемого комплекса позволит определить систему бальной оценки как профессионального отбора кандидатов в водители, так и степень их подготовленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дымерский В.Я., Костин А.А. Технические средства обучения водителей автомобилей: Учеб. пособие для учащихся техникумов. – М.: Высш. Школа, 1982. – 279 с.
2. Козлова А.В. Психолого-педагогические основы деятельности преподавателя автошколы по подготовке кандидатов в водители: Монография. М.: Изд-во СГУ, 2013. 264 с.
3. Коноплянко В.И. Основы управления автомобилем и безопасность дорожного движения: Учебное пособие / В.И. Коноплянко, В.В. Зырянов, Ю.В. Воробьев. – М.: Высш. шк., 2005. – 271 с.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПРИМИРОВАННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА В ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЯХ

Пахомов Никита Юрьевич, студент кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство»,
e-mail: Pahom_Pahan@mail.ru

Научный руководитель - Панин Алексей Владимирович, к.т.н., доцент,
e-mail: paninbar@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрены особенности эксплуатации газобаллонных автомобиле, использующих в качестве топлива компримированный природный газ (КПГ). Приводится анализ обзор методов облегчения пуска двигателей путем подогрева топлива, рассмотрены модели и конструкции используемых для этого устройств.

Ключевые слова: метан, компримированный природный газ (КПГ), моторное топливо, АГНКС, экономическая эффективность, экологичность.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом начинают широко внедряться транспортные средства, работа которых осуществляется на компримированном природном газе (КПГ). Преимущества КПГ заключаются в его низкой стоимости, повышенной безопасности, более низком расходе, в сравнении с бензином и дизельным топливом. Кроме того, КПГ является более экологичным видом топлива, так как соответствует стандартам «Евро-5»/«Евро-6». Это связано с тем, что выбросы углекислого газа, оксидов азота и угарного газа значительно меньше, чем производят автомобили с бензиновыми двигателями.

Так как серийный выпуск автомобилей производится, в основном, на двигателях внутреннего сгорания, то для обеспечения работы на КПГ возникает необходимость в доработке топливной системы и установке на ТС газобаллонного оборудования. В связи с этим рассмотрение вопросов, связанных с ремонтом и техническим обслуживанием оборудования, предназначенного для работы автомобилей на компримированном природном газе, является в наше время весьма актуальной задачей.

Компримированный или сжатый природный газ представляет собой, главным образом, метан, сжатие которого осуществляется посредством компрессоров, установленных на компрессорных станциях (КС). Сжатие производится до давления порядка 20...25 МПа. Для сжатия применяются специальные станции АГНКС. На них газ поступает от магистральных трубопроводов.

Метан характеризуется более высоким октановым числом и удельной теплотой сгорания, чем топливо, изготавливаемое из нефти. Кроме того, физико-химические свойства метана не изменяются при низких температурах окружающего воздуха. Так, например, октановое

число КПП составляет 110...125. При сгорании КПП, в составе которого основным компонентом является метан, выделяется 48500 кДж/кг. Для сравнения данные величины составляют:

- для бензина: октановое число 76...98, выделение теплоты 44000 кДж/кг;
- для пропан-бутана: 102...112, выделение теплоты 46000 кДж/кг.

Однако в двигателях, которые осуществляют свою работу на двух видах топлива, КПП уступает указанным выше видам топлива по теплоте сгорания стехиометрической смеси. Поэтому такие двигатели имеют на 6...8% меньшую производительность.

Нижний порог воспламенения КПП составляет 645°C (для сравнения у бензина он равен 550°C). Возгораемость метана может быть при необходимости снижена за счет применения бутилена, который является ингибитором-алкеном.

Природный газ (метан) имеет опасную концентрацию в воздухе, равную 4...15% от объема. Для сравнения, этот показатель для пропан-бутановой смеси равен 1,8...8,6%. Так как метан легче воздуха, то при его выделении из оборудования он не скапливается в пониженных местах автомобиля и топливной магистрали, а выделяется вверх и рассеивается в атмосфере.

Несмотря на указанные выше преимущества, природный газ имеет следующие существенные недостатки:

- низкое цетановое число, равное 10;
- плохой уровень воспламеняемости, равный 640...680 °C (у бензина – 270...330 °C);
- низкая, в сравнении с бензином, скорость горения;
- меньший уровень плотности ГВС в сравнении с плотностью воздуха.

Для компенсации этих недостатков, в процессе использования КПП в дизельных двигателях, с целью обеспечения необходимой их мощности и величины крутящего момента применяется рабочий процесс по «газодизельному циклу». Это означает, что воспламенение ГВС осуществляется с использованием «запального» количества ДТ. Так же в дизельных двигателях в процессе перевода их на КПП применяется воспламенение ГВС от электрического запала (искры).

Ограничения в использовании КПП в качестве топлива возникают при небольших годовых пробегах автомобилей, так как при этом значительно увеличивается срок окупаемости дополнительно устанавливаемого газового оборудования. Кроме того, серийно выпускаемые в нашей стране автомобили практически не имеют заводского газового оборудования, позволяющего использовать КПП в качестве топлива. В связи с этим, требуется дооборудование этих автомобилей в рамках частных автомобильных сервисов и авторемонтных предприятий. Они имеют еще недостаточный опыт производства, установки и наладки этого оборудования. Поэтому подобное оборудование может представлять опасность при дальнейшей эксплуатации.

Ограничение на использование КПП в качестве топлива накладывает и весьма ограниченное количество АГНКС. Даже в Московской области, которая является самым крупным потребителем моторных топлив (порядка 9...10 млнт/год), находится около 15 АГНКС. При этом количество АЗС, реализующих бензин и дизельное топливо, составляет более 1000. В остальных регионах РФ, в среднем, предусмотрено не более 5 АГНКС на каждый регион, что весьма осложняет эксплуатацию автомобилей с газобаллонным оборудованием, работа которого осуществляется на КПП. Такие станции практически отсутствуют в горных районах Северного Кавказа, на Крайнем Севере, в районах Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Кроме того, в нашей стране производство оборудования для АГНКС весьма ограничено, так как до последнего времени КПП в нашей стране практически не применялся. Многие АГНКС работают на оборудовании самодельного производства. Заправку автомобилей на АГНКС должны осуществлять специально подготовленные для этого и аттестованные сотрудники. В связи с этим, газовые компании, которые являются владельцами АГНКС, несут определенные затраты на обучение специалистов.

Весьма важным фактором развития заправочных станций является в крупных городах дефицит земельных участков и сложные бюрократические процедуры при их оформлении. Для доставки КПП в отдаленные районы существует трудность, вызванная отсутствием соответствующей инфраструктуры для приема, хранения, отгрузки и транспортировки газа к потребителю.

Основным производителем газового оборудования в настоящее время является Италия. Перевод в мире и в нашей стране ТС на природный газ представляет собой наиболее приоритетное направление развития в автомобилестроении, так как такого вида топлива достаточно и оно имеет весьма низкую стоимость.

В настоящее время в мире предусмотрено два варианта использования КПП в качестве топлива:

- 1) переоборудование готового автомобиля под газовое топливо;
- 2) покупка автомобиля с готовой заводской версией.

Основными поставщиками в нашей стране ТС с газовым оборудованием являются компании «КАМАЗ» и группа «ГАЗ».

Автомобильный рынок ЕС лучше ориентирован на потребителей и включает:

- легковые биотопливные автомобили (бензин/КПП) – 23 модели;
- легкие коммерческие автомобили – 14 моделей;
- грузовые автомобили – 8 моделей;
- автобусы – 12 моделей.

В странах ЕС наибольшее распространение ТС, работающие на КПП, получили в Италии. В целом по миру наибольшее их количество в развивающихся странах, что свидетельствует о низких затратах на топливо, которые несут владельцы транспортных средств. Так, в Иране доля ТС, работающих на КПП, составляет 32%, в Боливии – 22%, в Пакистане – 14% [1].

Таким образом, основной проблемой эксплуатации газобаллонного оборудования в нашей стране является недостаток АГНКС, а также небольшой опыт АТП по ремонту и эксплуатации этого оборудования.

Перспектива использования легковых автомобилей, грузовиков, а также автобусов, работающих на КПП, заключается в том, что стоимость 100 км пробега в 1,5...2,5 раза ниже аналогичных видов ТС, работа которых осуществляется на бензине, ДТ или СУГ.

Наиболее существенный довод в пользу широкого использования природного в качестве моторного топлива, конечно, экологичность.

На рисунке 1 приведена сравнительная диаграмма выбросов по различным видам топлива для ТС.

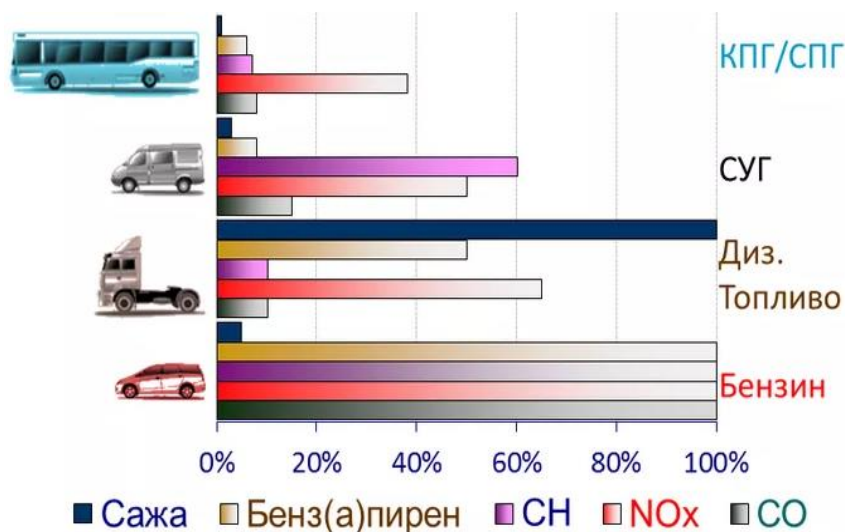


Рисунок 1 – Сравнительная диаграмма выбросов по различным видам топлива для ТС

Из представленной диаграммы видно, что наименьшее количество выбросов, как вредных газов, приводящих к образованию кислотных дождей, так и выбросов парниковых газов, приводящих к постепенному потеплению климата на планете, свойственно работе транспортных средств именно на компримированном природном газе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ерохов В.И. Газобаллонные автомобили (конструкция, расчет, диагностика): учебник для вузов / В.И. Ерохов. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2012. – 598 с.
2. Панин А.В. Техническая эксплуатация газобаллонных автомобилей: учеб. пособие/ А.В.Панин. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1996. – 64 с.

О ВЫБОРЕ МАТЕРИАЛОВ ДЕТАЛЕЙ ЦЕПОЧНО-ПЛАНЧАТОГО ТРАНСПОРТЕРА ПРЕССОВАЛЬНОЙ КАМЕРЫ РУЛОННОГО ПРЕСС-ПОДБОРЩИКА

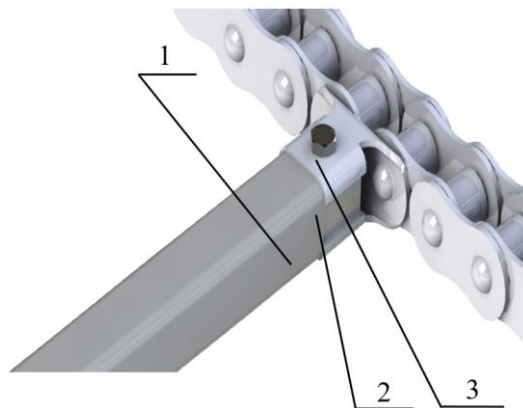
Попов Андрей Андреевич, студент гр. ТТС-82, e-mail:andrey_porov22rus@mail.ru
Научный руководитель - Салеев Фарид Исмаилович, к.т.н., доцент, e-mail:faridaltgtu@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Для вновь предложенной конструкции крепления планок к цепи цепочно-планчатого транспортера прессовальной камеры пресс-подборщика определены действующие на нее силы и, исходя из условия прочности, подобран сортамент материалов ее деталей.

Ключевые слова: пресс-подборщик, рулон, планка, удлинитель, соединительная пластина, цепочно-планчатого транспортера.

В работе [1] предложено крепление планок к цепи цепочно-планчатого транспортера прессовальной камеры пресс-подборщика.

Для выбора материалов его деталей определены действующие силы, и проведен анализ на прочности конструкции с использованием программы SolidWorks 2013, которая представляет собой интегрированную среду трехмерного моделирования.



1 – планка; 2 – удлинитель; 3 – соединительная пластина

Рисунок 1 – 3D-модель предложенной конструкции крепления планок цепочно-планчатого транспортера

Так, сила от сжатия сена и веса рулона P , Н (рисунок 2), действующая на планку, определялась по формуле:

$$P = P_{сж} + G_i, (1)$$

где $P_{сж}$ – сила, возникающая от сжатия сена, Н,
 G_i – сила тяжести, приходящаяся на планку, Н

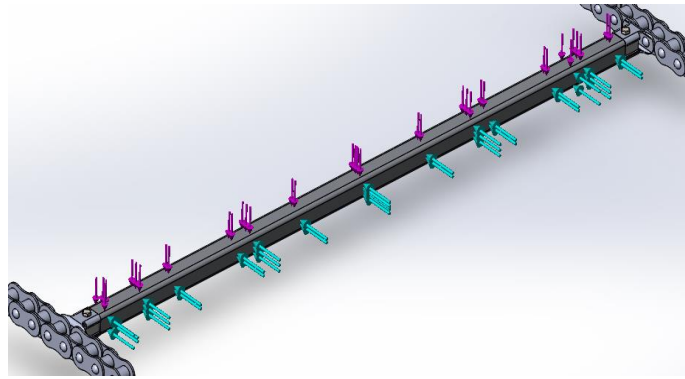


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на планку

Сила $P_{сж}$ определялась из выражения:

$$P_{сж} = p \cdot S, \quad (2)$$

где $p = 1960 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ – удельное давление рулон,
 S – площадь планок, охватывающих рулон, м^2 .

$$S = b \cdot l_n = 0,034 \cdot 1,2 = 0,0408 \text{ м}, \quad (3)$$

где b - ширина планки, м,
 l_n – длина контакта планки с рулоном сена, м.

$$P_{сж} = 1960 \cdot 0,0408 = 80 \text{ Н},$$

$$P = 80 + 720 = 800 \text{ Н}.$$

Тогда сила P_c , оказывающая сопротивление движению планки транспортера, равна:

$$P_c = f \cdot P = 0,5 \cdot 800 = 400 \text{ Н}. \quad (4)$$

где $f = 0,5$ – коэффициент трения сена о настил.

Исходя из условия анализа сил, действующих на конструкцию, подобран сортамент материалов, обеспечивающих достаточную прочность:

- деталь «Планка» – Лист $\frac{\text{Б-ПН-0-2 ГОСТ 19903-74}}{08\text{пс ГОСТ 16523-97}}$;

- деталь «Удлинитель» – Труба $\frac{30 \times 30 \times 3 \text{ ГОСТ 8639-82}}{\text{Ст3пс ГОСТ 13663-86}}$;

- деталь «Соединительная пластина» – Лист $\frac{\text{Б-ПН-0-3 ГОСТ 19903-74}}{\text{Сталь 40 ГОСТ 16523-97}}$.

На рисунке 3 приведено распределение напряжений, действующих в предложенной конструкции крепления планки к цепи цепочно-планчатого транспортера с выбранным сортаментом материалов. Аналогичные распределения были получены для перемещений элементов этой же конструкции.

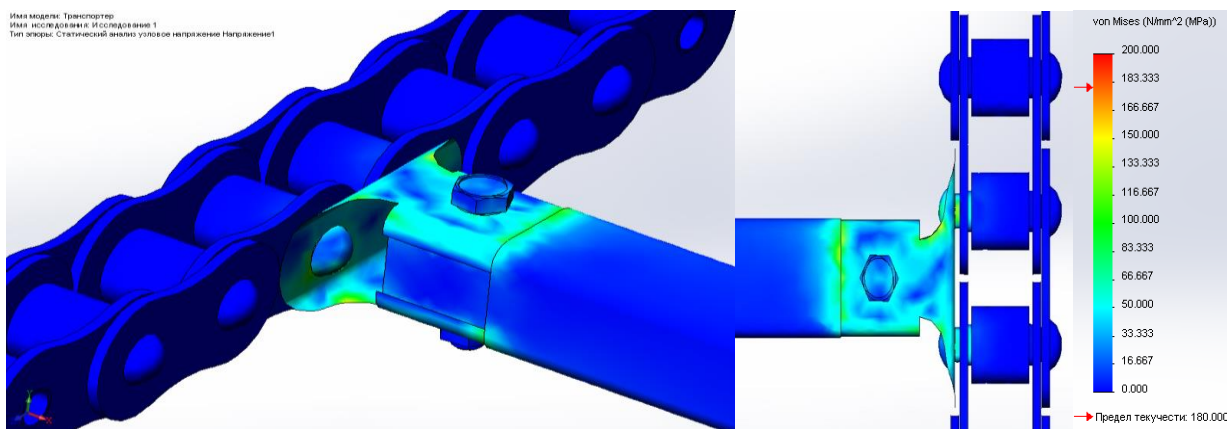


Рисунок 3 – Распределение напряжений

Полученные результаты позволили на стадии проектирования без изготовления экспериментальных образцов подобрать сортамент материалов для изготовления основных деталей этого узла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Салеев Ф.И. Прессовальная камера рулонного пресс-подборщика к трактору класса 1,4 / Ф.И. Салеев, И.А. Авдонькин // Молодежь – Барнаулу. – 2014. – С. 404-406. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24082311>. – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

РЕГИСТРАТОР ЗАДЕРЖЕК ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Саманков Виктор Валерьевич, студент кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство»,
e-mail:samankovvit@yandex.ru

Научный руководитель - Шумов Николай Викторович, к.т.н., доцент, e-mail:shumovnv@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Приведено обоснование необходимости оценки эффективности работы светофорных объектов. За основу оценки выбрана «суммарная задержка транспортных средств» на регулируемых перекрестках. Для натурного обследования режимов движения транспортных потоков на пересечениях автомобильных дорог разработана программа для мобильных устройств.

Ключевые слова: светофорный объект, транспортный поток, суммарная задержка, режим регулирования, регистратор задержек.

Применение технических средств организации дорожного движения приводят к изменению параметров транспортных и пешеходных потоков, что требует оценки эффективности их применения. Это в большей степени относится к светофорной сигнализации на изолированных перекрестках. Поэтому актуальным становится выбор универсального показателя эффективности оценки, измеряемого в реальных условиях движения.

Для расчета экономической эффективности внедрения технических средств организации дорожного движения, в частности светофорного оборудования, а также последующей оценки его работы по оптимизации режимов регулирования на перекрестке автомобильных дорог используют несколько оценочных параметров. К ним относят среднюю задержку транспортных средств, время обслуживания, но они не отражают степень изменения пропускной способности перекрестка, а также безопасность движения.

Расчетные методы режимов светофорного регулирования, связанные с определением величин цикла, основных и промежуточных тактов, базируются на известных допущениях по определению задержек транспортных средств, что ведет зачастую к снижению эффективности работы светофорных объектов. Более точные результаты обеспечивают эксперименталь-

ные исследования задержек, которые требуют применения специального аппаратного оборудования. Это сравнение времени проезда одиночного транспортного средства через перекресток при работающей светофорной сигнализации со временем проезда при выключенных светофорах, а также подсчет стоящих автомобилей на запрещающий сигнал светофора.

Сущностью предлагаемой методики является экспериментальное определение суммарной задержки транспортных средств на регулируемом перекрестке с использованием специальной программы для мобильных телефонов. Принцип работы при выполнении замеров задержки транспортных средств на перекрестке показан на рисунке 1.

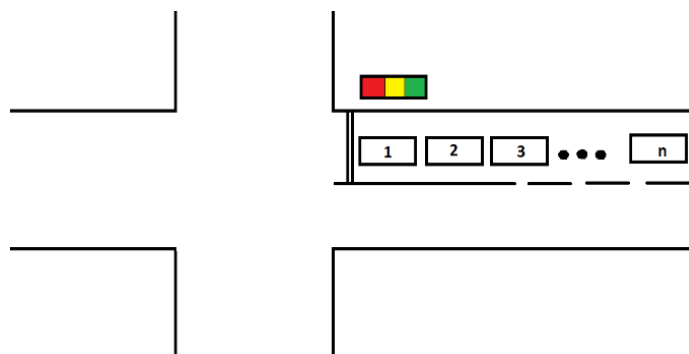


Рисунок 1 – Схема замеров

Последовательность операций по определению суммарной задержки на перекрестках с жестким программным управлением сводится к следующему:

- определяются направления транспортных потоков, прибывающих к перекрестку, что соответствует числу наблюдателей;
- последовательно фиксируются с помощью мобильных телефонов задержки транспортных средств, остановившихся у стоп-линии на запрещающий сигнал светофора;
- считываются выведенные на экран дисплея результаты замеров как за отдельный цикл регулирования, так и за один час работы светофорного объекта.

Количество лиц, участвующих в обследовании, соответствует числу направлений движения транспортных потоков. Для каждого участника устанавливается одинаковая продолжительность проведения обследования. Суммарное значение показаний каждого наблюдателя является итоговым – основным критерием эффективности работы светофорного объекта.

Структурная схема разработанной программы для мобильных устройств приводится на рисунке 2.

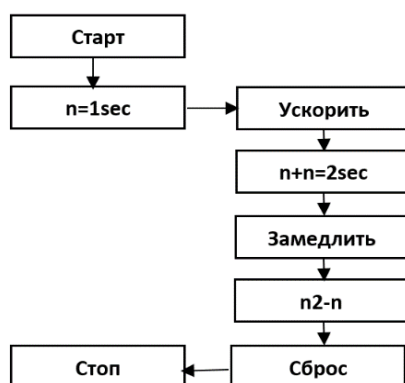


Рисунок 2 – Структурная блок-схема программы

Имеется несколько переменных:

- Intsec – количество прошедших со старта отчета секунд;
- Intmin – кол-во прошедших со старта отчета минут;

- Intamount – скорость отсчета (число, на которое увеличивается переменная sec).

При запуске программы устанавливаются начальные значения переменных, а также получаются ссылки на все UI элементы программы (кнопки, списки и т.д.). Кнопки «Старт» и «Сброс» переводятся в активный режим, кнопка «Стоп» становится недоступной для нажатий.

При нажатии на кнопку «Старт» запускается таймер, который каждую секунду реального времени увеличивает переменную sec на число amount. Если sec оказывается большим либо равным 60, то увеличивается число min на 1, а также sec уменьшается на 60. После этого с помощью функции text_update обновляются информационные тексты (текст с выводом значения секундомера в формате xx:xx и текст с выводом значения скорости в формате x). Также становятся недоступными кнопки «Старт» и «Сброс», а кнопка «Стоп» становится доступной для нажатия.

При нажатии на кнопку «Стоп» становятся недоступными кнопки «Стоп» и «Круг», а кнопки «Старт» и «Сброс» становятся доступными для нажатия. Также останавливается таймер, запущенный при нажатии на кнопку «Старт».

При нажатии на кнопку «Сброс» все переменные возвращаются в исходное состояние, после чего уничтожаются все записи о кругах и обновляются информационные тексты.

При нажатии на кнопку «Ускорить» переменная amount увеличивается на 1 и обновляются информационные тексты.

При нажатии на кнопку «Замедлить» переменная amount уменьшается на 1, но только если до этого она была больше 1. Также обновляются информационные тексты.

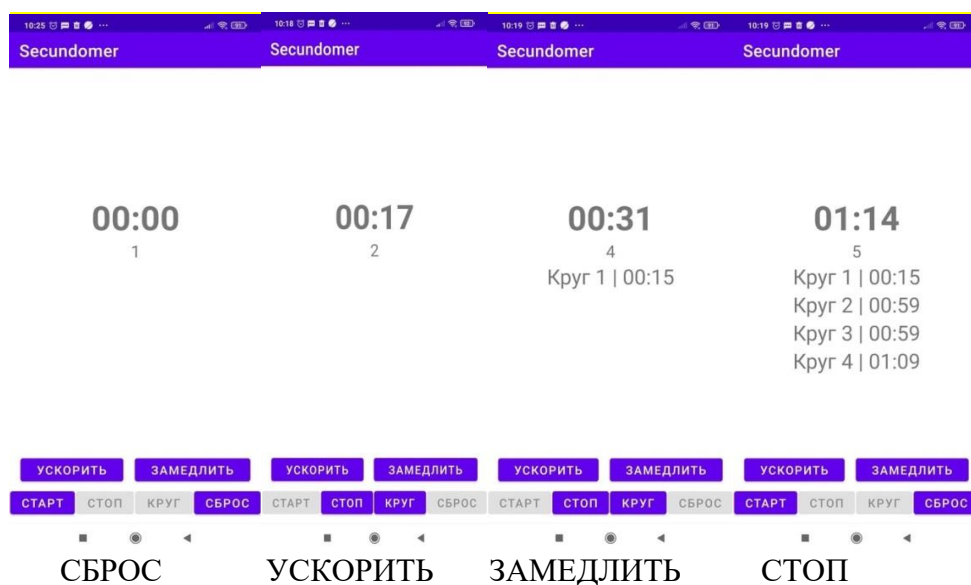


Рисунок 3 – Последовательность действий при осуществлении замеров

На представленных изображениях можно наблюдать интерфейс рассматриваемой программы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М. Б. Афанасьев. – Москва: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 279 с.

2. Рябчинский А.И. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А. И. Рябчинский, В. А. Гудков, Е.А. Кравченко. – Москва: Издательский центр «Академия», 2011. – 256 с.

ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Сороченко Александра Сергеевна, бакалавр направления «Экономика»,
e-mail:sorochenko.sasha@list.ru

Научный руководитель – Елистратова Татьяна Геннадьевна, к.э.н., e-mail:elistmail@yandex.ru
Алтайский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы
при Президенте Российской Федерации, г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрены вопросы деятельности ведущих предприятий сельскохозяйственного машиностроения Алтайского края, выявлены тенденции к их объединению, имеющие целью рост инновационной активности и повышение производительности труда. Проведен сравнительный анализ прибыльности ведущих предприятий аграрного машиностроения Алтайского края, определены проблемы их функционирования, а также представлены меры государственной поддержки в рассматриваемой сфере.

Ключевые слова: сельскохозяйственное машиностроение, стратегия развития, проблемы, сельхозтехника, государственная программа.

Значительное место в структуре промышленного производства Алтайского края занимает сельскохозяйственное машиностроение, предназначенное для изготовления технических средств агропромышленного комплекса. Уровень развития данной отрасли сказывается на росте объёмов и качестве выпускаемой продукции, что непосредственно оказывает влияние на продовольственную безопасность региона (страны), уровень жизни населения, социальный климат в обществе, уровень безработицы и другие значимые показатели. Актуальность темы обусловлена необходимостью проведения анализа развития отрасли сельскохозяйственного машиностроения региона, позволяющего выделить проблемы, тормозящие функционирование предприятий сельскохозяйственного машиностроения в Алтайском крае и определить перспективные направления их развития.

Целью исследования является оценка тенденций и перспектив развития предприятий сельскохозяйственного машиностроения Алтайского края.

Аграрный сектор края хорошо развит и основан на уникальном для Сибири климате и плодородных почвах, пригодных как для животноводства, так и для возделывания широкого спектра зерновых и технических культур. Основное направление деятельности сельскохозяйственных производителей Алтайского края – это возделывание зерновых и зернобобовых культур на площади до 3,8 млн. га, при этом площадь подпосевами всех сельскохозяйственных культур составляет 5,1-5,5 млн. га. Край является крупнейшим в Сибирском федеральном округе производителем картофеля (15,2%), овощей (14,3%), подсолнечника (89%), сои (80%). Регион располагает значительным потенциалом для производства сахара, развития льноперерабатывающих производств, с возможностью выхода на мировые рынки [1, с. 335].

По данным отчётности за 2021 год, общее количество организаций и индивидуальных предпринимателей в отраслях сельского хозяйства в регионе составляет 2110, что составило в соотношении с 2020 годом уменьшение показателя на 4% [2].

В 2017 году Правительством РФ была утверждена «Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения на период до 2030 года», в соответствии с которой доля сельскохозяйственной техники российского производства на внутреннем рынке страны должна увеличиться до 80% с целью снижения зависимости отечественных производителей от импорта техники. Предположительно, к 2030-му году выпуск сельхозтехники должен вырасти в 3 раза, а экспорт – более чем в 12 раз [3, с. 20]. В Алтайском крае поставщиками сельскохозяйственной техники преимущественно являются предприятия аграрного машиностроения, большая часть которых (24 предприятия) входит в Алтайский кластер аграрного машиностроения (АлтаКАМ). На 2020 год АлтаКАМ произвел совместно около 10 тысяч единиц техники, что составляет по отношению к 2018 г. прирост на 16%, а также освоил выпуск 20 новых и модернизированных наименований техники [4].

Среди предприятий АлтаКАМа существуют наиболее крупные организации, которые оказывают наибольшее влияние на выполнение производственных планов. В их число входят: АО «Алтайский завод сельскохозяйственного машиностроения» (ТД «Veles»), ЗАО «Рубцовский завод запасных частей» (ТД «АЛМАЗ»), ООО «Алтайский завод автотракторного спецоборудования», ООО «Агроцентр», ООО «СиСорт».

Анализ финансовых показателей крупнейших предприятий АлтаКАМа за 2021 год демонстрирует прирост валовой прибыли у таких предприятий как ЗАО «ТД «АЛМАЗ»» и ООО «Агроцентр», что указывает на возможность данных предприятий увеличивать косвенные расходы и масштабироваться. Темп роста показателя прибыли от продаж ООО «Агроцентр» в 2021 году составил 165%, что говорит о положительной динамике окупаемости произведенной продукции. По итогам 2021 года наблюдается прирост валовой прибыли (около 70%) у АО «Алтайский завод сельскохозяйственного машиностроения». Наибольшая чистая прибыль отмечена также у предприятий ЗАО «ТД «АЛМАЗ» и ООО «Агроцентр», показатели достигли 111303 тыс. руб. и 222921 тыс. руб., соответственно.

Вместе с тем, несмотря на имеющуюся положительную динамику, предприятия сельскохозяйственного машиностроения региона в процессе своего функционирования сталкиваются с рядом проблем, в числе которых:

1. Влияние природных аномалий. Ухудшение природных условий (засуха, похолодание и т.д.) затормаживает процесс роста сельскохозяйственных культур, что приводит к неурожаю, снижению покупательной способности сельскохозяйственных предприятий, что, в свою очередь, уменьшает рост прибыли предприятий аграрного машиностроения.

2. Недостаточный уровень развития страхования рисков сельскохозяйственного оборудования.

3. Сильная зависимость предприятий сельхозмашиностроения от доходов аграриев, что при снижении цен, негативно отражается на доходности предприятий сельхозмашиностроения, что иногда затормаживает обновления парка спецмашин.

4. Перебои с поставкой иностранных комплектующих и отсутствие налаженных путей для импорта.

5. Плохая ресурсная база. Отсутствие достаточных объемов запасов ресурсов, нехватка производственных запасов или срывы поставок существенно влияют на качество произведенной техники.

Следует подчеркнуть, что государство не остается в стороне от имеющихся проблем. Так, по состоянию на 1 марта текущего года на реализацию мероприятий государственной программы Алтайского края «Развитие сельского хозяйства Алтайского края» (с учетом мероприятий подпрограммы «Развитие государственной ветеринарной службы Алтайского края») перечислено 149,6 млн. рублей, в том числе 1,5 млн. рублей из федерального бюджета [5]. Кроме этого, государство в 2020 году выделило компенсации, которые выплачивали сельхозпредприятиям Алтайского края за покупку сельхозтехники местного производства, объем которых составил 25 миллионов рублей. Это оказало положительное влияние на укрепление связей между производителями и привело к росту объемов производства предприятиями сельскохозяйственного машиностроения Алтайского края.

Резюмируя вышеизложенное, можно подчеркнуть, что эффективная работа сельскохозяйственных предприятий различных форм собственности напрямую зависит от работы предприятий аграрного машиностроения, что, в свою очередь, отражается на финансовом положении сельхозпроизводителей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горшенева В.К. Проблемы импортозамещения в аграрном секторе России и пути их преодоления. Стратегия устойчивого развития в исследованиях молодых ученых: сборник статей и тезисов докладов XIII международной научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов (14 февраля 2017 г.) / В.К. Горшенева, Т.Г. Елистратова //

Челябинский филиал Финуниверситета, Финансово-экономический институт Таджикистана. – Москва: Изд-во «Перо», 2017. –С. 334-337.

2. Перечень организаций, включённых в реестр сельскохозяйственных товаропроизводителей Алтайского края, по данным отчётности за 2021 год // Минсельхоз Алтайского края: [офиц. сайт] / Министерство сельского хозяйства Алтайского края. – 2007-2023. – URL: https://altagro22.ru/documents/docs/?ELEMENT_ID=67841 (дата обращения: 05.04.2023).

3. Социально-экономическое развитие региона: состояние и перспективы : монография / И. К. Мищенко, В. В. Мищенко, И. А. Шипулина [и др.] ; Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Москва), Барнаульский филиал. Кафедра «Экономика, менеджмент и маркетинг». – Барнаул: Фин. ун-т при Правительстве Рос. Федерации, Барнаул. фил., 2017. – 136 с. – ISBN 978-5-94485-319-6.

4. Алтайский кластер аграрного машиностроения увеличил объемы производства // Официальный сайт Правительства Алтайского края: [офиц. сайт] / Правительство Алтайского края. – URL: https://www.altaregion22.ru/region_news/altaiskii-klaster-agrarnogo-mashinostroeniya-uvelichil-obemy-proizvodstva_876599.html (дата обращения: 06.04.2023).

5. Мониторинг развития сельского хозяйства Алтайского края (за январь-февраль 2023 года) // Минсельхоз Алтайского края: [офиц. сайт] / Министерство сельского хозяйства Алтайского края. – 2007-2023. – URL: https://www.altagro22.ru/activity/analytics/monitoring-razvitiya-selskogo-khozyaystva-altayskogo-kрая-za-yanvar-fevral-2023-goda_742/ (дата обращения: 07.04.2023).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ СТАНЦИИ НА УСТРАНЕНИЕ КОММЕРЧЕСКИХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Строкань Анастасия Анатольевна, студент, e-mail:nastyastrokan0808@yandex.ru
Научный руководитель - Псеровская Елена Дмитриевна, к.т.н., доцент, заведующий
кафедрой «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав», e-mail:eldp-55@yandex.ru
Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Россия

В данной статье проведена оценка влияния коммерческих неисправностей на экономические потери станции. Изучен технологический процесс работы станции и станционная отчетность. Определены основные категории грузов, наиболее подверженных риску возникновения коммерческих браков. Приведены статистические данные по простоям вагонов на ПИКН сверх нормативного времени. Определено время на производство основных технологических операций. С помощью модели оценки экономических потерь станции выполнен расчет потерь.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, открытый подвижной состав, безопасность перевозочного процесса, размещение и крепление грузов, коммерческие браки, экономические потери.

В настоящее время одной из целей ОАО «РЖД» является повышение конкурентных способностей компании и привлечение клиентуры. Привлекательность железнодорожного транспорта обусловлена обеспечением безопасности перевозочного процесса, качества доставки грузов, а также надежностью и бесперебойностью работы.

На безопасность перевозки и сохранность груза в вагоне огромное влияние оказывает правильное его размещение и крепление. Однако, ввиду различных факторов, возникают коммерческие браки, которые влекут за собой сбои в поездной работе, повреждение груза и подвижных единиц, несоблюдение сроков доставки грузов и т.д. [1].

Чаще всего коммерческие неисправности выявляются в пунктах коммерческого осмотра и в пунктах контроля безопасности в пути следования.

Коммерческие неисправности вагонов с грузами неблагоприятно сказываются не только на безопасности перевозочного процесса, но и на технологических параметрах станций, а также повышают экономические потери ОАО «РЖД» вследствие необходимости их устранения. К техническим последствиям коммерческих неисправностей относятся: увеличение простоев вагонов на станциях; снижение перерабатывающей способности станций; несоблюдение сроков доставки [2].

Целью работы является определение экономических потерь станции от устранения коммерческих неисправностей вагонов с грузами.

Для анализа состояния перевозочного процесса в данной статье предлагается рассмотреть внеклассную сортировочную станцию «Х». По станции была изучена статистика причин отцепок от составов грузовых поездов коммерчески неисправных вагонов, а также технология работы с ними и порядок устранения браков. В ходе анализа станционной отчетности, определено, что основными грузами, подверженными риску, являются трубы, пиломатериалы, лесоматериалы и металлоконструкции.

При детальном рассмотрении последствия работы с коммерчески неисправными вагонами выделена важная проблема, такая как нарушение сроков доставки продукции клиентам, ввиду продолжительных простоев на пунктах исправления коммерческих неисправностей под их устранением. Зачастую данные простои превышают нормативное время, которое составляет двое суток.

В процессе изучения статистических данных определено среднегодовое количество вагонов, простаивающих на станции «Х» под исправлением коммерческих браков с превышением нормативного срока. Оно составляет 252 вагона, а среднее время простоя одного вагона достигает 54 часов. График приведен на рисунке 1.

Далее рассмотрена технология работы с вагонами, имеющими коммерческие браки. После выявления таких неисправностей соответствующими работниками станции предпринимаются действия по их ликвидации. В технологическом процессе работы станции норма-

тивное время, предусмотренное для проведения коммерческого осмотра и исправления коммерческих браков для разборочных поездов, составляет 20 минут, а для поездов, следующих через станцию транзитом, без осуществления смены локомотивной бригады и локомотива, а также поездов своего формирования, – 30 минут.

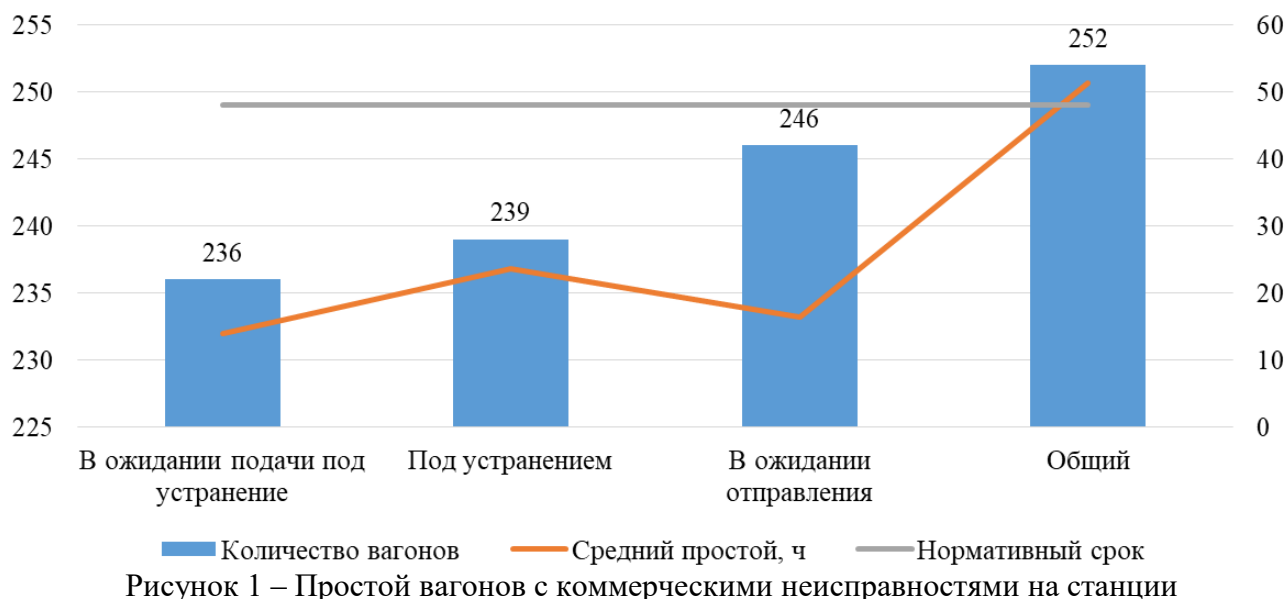


Рисунок 1 – Простой вагонов с коммерческими неисправностями на станции

На пункт исправления коммерческих неисправностей вагоны должны быть поданы не позднее 12 часов после постановки их в сортировочный парк [3].

При этом, по расчету, на перестановку этих вагонов в среднем затрачивается около 19-78 минут. Кроме того, создается дополнительная занятость около 10-25 минут, вследствие враждебности маршрутов.

На основе этого были составлены технологические карты (рисунок 2) и рассчитано время занятости элементов станции «Х» при перестановке вагонов в парк «М» для устранения коммерческих неисправностей за месяц.

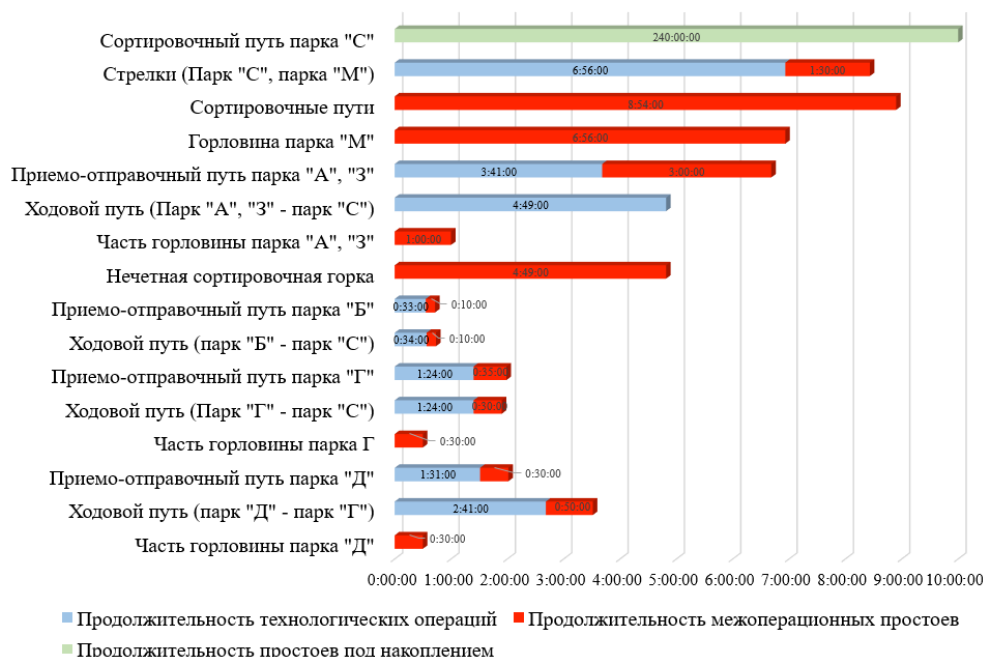


Рисунок 2 – Занятость элементов станции «Х» при перестановке вагонов в парк «М» для устранения коммерческих неисправностей за месяц

Для оценки степени влияния коммерческих браков на эффективность работы станции составлена модель оценки экономических последствий для ОАО «РЖД», представленная на рисунке 3. Данные, полученные в процессе выполнения расчетов, сведены в таблицу 1.

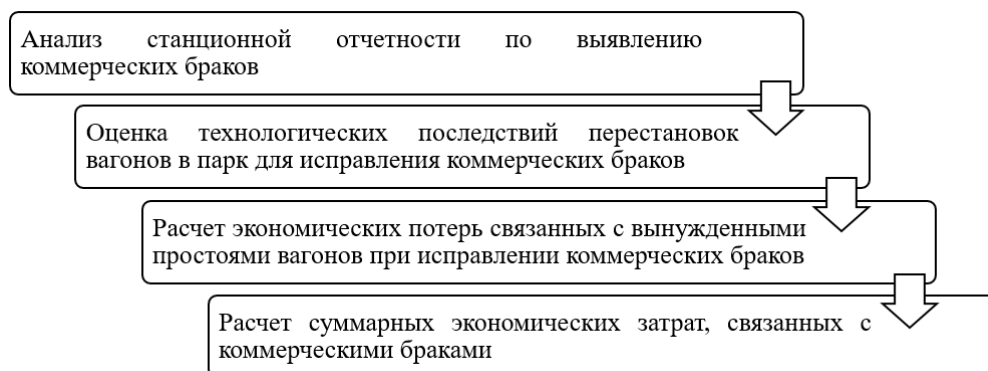


Рисунок 3 – Модель оценки экономических последствий для ОАО «РЖД» от отцепок на станции коммерчески неисправных вагонов с грузами

Таблица 1 – Результаты расчетов экономических потерь станции

Параметр	Затраты, тыс.руб/год
Стоимость занятия инфраструктуры при исправлении коммерческой неисправности в течение нормативного срока	2372
Стоимость занятия инфраструктуры при исправлении коммерческой неисправности сверх нормативного времени	4321
Затраты на исправление коммерческого брака	1833
Затраты на маневровые передвижения	1080
Стоимость простоя вагонов до подачи на ПИКН и до момента прицепки с устраненной неисправностью в поезд своего формирования	3933
Стоимость реквизита крепления для исправления коммерческих браков	3100
Ущерб от предъявления претензий по просрочке в доставке грузов	28538

Расчет провозной платы производился исходя из доли, приходящейся на коммерческие браки, в зависимости от класса груза. Для грузов первого класса принято 60%, для грузов второго класса – 27%, для грузов третьего класса – 13%. Размер провозной платы составил 52890 тыс. руб/год.

Затраты, связанные с оплатой труда рабочих, принимались исходя из затрат, приходящихся на оплату труда работников, непосредственно задействованных на устранении неисправностей, а также затрат на работу козлового крана.

Также рассчитано время простоя вагонов под исправлением коммерческих браков сверх нормативного срока. При простое от 2 до 5 суток принято 39%, для простоя от 5 до 10 суток – 7%, более 10 суток – 3%.

Стоимость занятия инфраструктуры и простоя вагонов определялась исходя из стоимости занятия 1 км пути.

Суммарные экономические потери сортировочной станции от работы с вагонами, имеющими коммерческие браки, составила более 98 миллионов в год.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технические условия размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах // РЖД: [офиц. Сайт] / ОАО «РЖД». – 2003-2023. – URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=1341> (дата обращения: 06.04.2023).

2. Псеровская Е.Д., Кабукин Н.Ю. Влияние крепления груза на безопасность перевозочного процесса на железнодорожном транспорте // Политранспортные системы. Новосибирск: материалы XI Международной научно-технической конференции. – Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 417-423. – URL:

<https://elibrary.ru/item.asp?id=44896520>. – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

3. Тимухина Е.Н. Повышение функциональной надежности железнодорожных станций при технологических сбоях: специальность 05.22.08 Управление процессами перевозок : дисс. ...докт.тех. наук / Тимухина Елена Николаевна. – Екатеринбург, 2012. – 384 с.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗЕРНОВОЙ ВОРОХ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ЦЕНТРОБЕЖНО-РЕШЕТНОМ СЕПАРАТОРЕ

Угаров Василий Андреевич, аспирант кафедры «Наземные транспортно-технологические системы», e-mail:ugarovskb@yandex.ru

Научный руководитель – Сороченко Сергей Федорович, д.т.н., профессор, e-mail:sorochenkosf@list.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Выполнен анализ существующих рабочих органов для дополнительного воздействия на зерновой ворох в горизонтальном центробежно-решетном сепараторе. Описаны достоинства и недостатки технических решений по патентной и технической литературе. Выявлены тенденции развития объекта исследования. Предложена конструкция горизонтально центробежно-решетного сепаратора с дополнительным активным рабочим органом.

Ключевые слова: сепарация, активатор, цилиндрическое решето, зерновой ворох, перемещение.

Зерноочистительные машины - сельскохозяйственная техника, которая необходима для послеуборочной обработки зернового вороха, который поступает с поля от комбайнов. Зерновой ворох представляет из себя смесь нормального, мелкого, щуплого и поврежденного зерна обрабатываемой культуры, семян различных культурных и сорных растений, а также примесей органического (стебли, колоски, соцветия и т.п.) и минерального (комочки почвы, камушки и т.п.) происхождения.

В связи с этим, зерновой ворох следует обработать в минимальные временные сроки для повышения его качества и уменьшения влажности. Выделение примесей повышает сыпучесть зернового материала при последующих технологических операциях обработки зерна. Также очистка вороха значительно повышает стойкость зерна к различным негативным факторам, особенно к самосогреванию.

В настоящее время разработка новых отечественных зерноочистительных машин с процессом сепарирования зерна с помощью центробежно-решетного сепаратора за счет использования всей поверхности центробежного решета представляет собой важную задачу.

Одним из главных недостатков горизонтальных центробежно-решетных сепараторов является использование только 20-25% [2] рабочей поверхности. Зерновой ворох располагается в решете, особенно на его начальных участках, толстым слоем, что затрудняет доступ мелких частиц к поверхности решета. При увеличении частоты вращения решета возрастает площадь использования рабочей поверхности, но вместе с этим возрастает и критическая скорость зернового вороха, что в результате приводит к его заклиниванию и отсутствию перемещения. Процесс сепарации зернового вороха достигается только при условии перемещения его по поверхности решета.

Целью работы является анализ существующих решений горизонтально центробежно-решетных сепараторов с дополнительным активным рабочим органом.

Повысить используемую поверхность цилиндрического решета можно за счет использования пассивных рабочих органов. Например, установка скатной доски позволяет повысить частоту вращения решета, а также повысить используемую поверхность решета, за счет скатывания зернового вороха на незанятую его часть. Но стоит отметить, что в данной конструкции производительность машины повышается незначительно. Поэтому внедрение ак-

тивного рабочего органа для дополнительного воздействия на зерновой ворох является важной задачей.

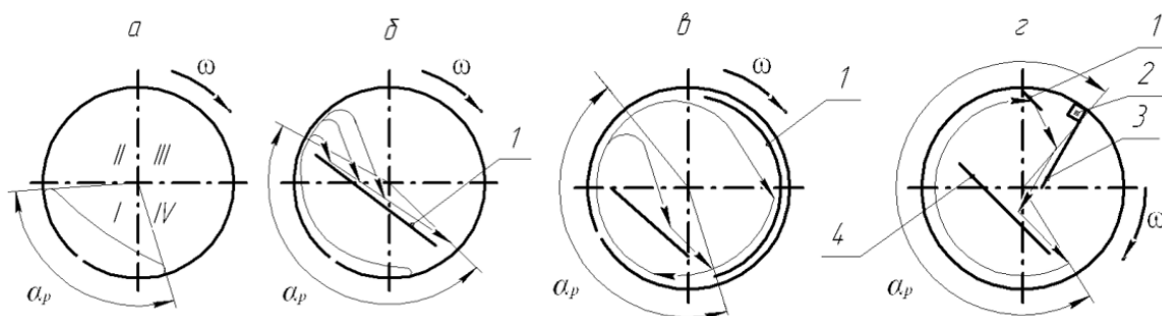


Рисунок 1 – Варианты расположения пассивных органов для горизонтально-центробежных решет [1]

В машине по патенту на изобретение №2489840 [2] активным рабочим органом является распределительный ротор, который выполнен в виде винта. Распределение зернового вороха в машине происходит следующим образом. Во-первых, распределительный ротор продвигает обрабатываемый материал по длине машины, выводя при этом крупные примеси, попавшие в зазор между винтом и цилиндрическим решетом; во-вторых, за счет того, что винт взаимодействует с зерновым ворохом, увеличивается использование поверхности цилиндрического решета. Достоинства машины: исключается забивание частицами соломы распределительного ротора за счет того, что он выполнен в виде винта; повышается качество распределения зернового материала по окружности решета. Недостатки машины: в данном устройстве может происходить заклинивание механизма винтового распределителя при попадании мелких камней или других твердых частиц.

В машине по патенту на изобретение №2686888 [3] распределительный ротор с продольными прорезиненными лопатками начинает воздействовать на сепарируемый материал, лопатки ротора вращаются в противоположную сторону относительно решета, поэтому часть материала находится в направлении его вращения, распределяя сепарируемый материал по свободной поверхности решета. За счет переменного зазора между поверхностью цилиндрического решета и продольными лопатками распределительного ротора, лопатки сдвигают не весь материал, а только определенный слой, что позволяет равномерно распределить сепарируемый материал по сепарирующей поверхности. За счет того, что лопатки распределительного ротора расположены под углом к радиусу ротора, уменьшается обратное пересыпание обрабатываемого материала через внутреннюю кромку лопаток, что улучшает распределение материала по окружности цилиндрического решета. Достоинства машины: увеличивается распределение материала по окружности решета; прорезиненные лопатки исключают возможность заклинивания ротора при попадании под него твердых частиц.

На основе обзора существующих решений предлагается конструкция машины (патент на полезную модель №211543) [4], содержащая раму 1, загрузочное устройство 2, цилиндрическое решето 3, размещенный внутри цилиндрического решета с возможностью вращения распределительный ротор 6, кожух 4 и привод 5,7, причем цилиндрическое решето установлено с возможностью вращения и изменения угла наклона его оси к горизонту, отличающаяся тем, что активатор выполнен в виде лопастного шнека (далее – активатор), установленного относительно цилиндрического решета несоосно, причем ось активатора смещена относительно оси цилиндрического решета вниз и в сторону вращения цилиндрического решета. В предлагаемой конструкции сепаратора лопатки активатора, воздействуя на зерновой ворох, перемещают его относительно решета с большей скоростью, что приводит к увеличению относительной скорости частиц; при сходе с лопатки зерновой ворох перебрасывается на свободную зону решета, обеспечивая более равномерное распределение зернового вороха. Достоинства машины: использование всей поверхности цилиндрического решета; независимое вращение друг от друга решета и активатора.

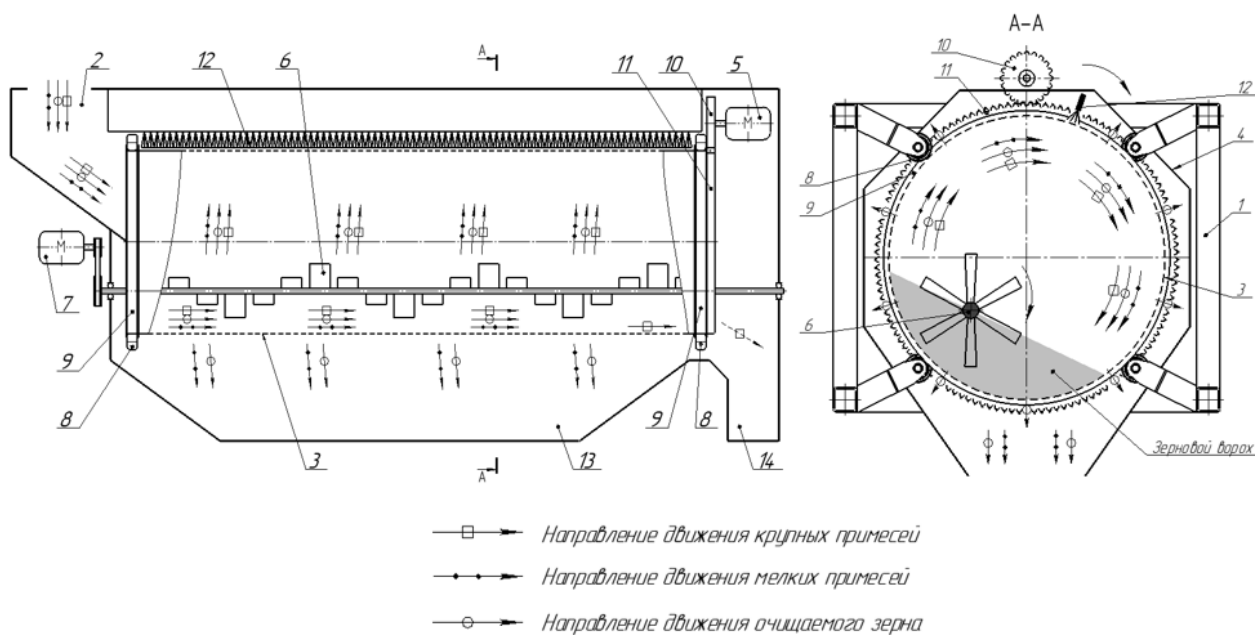


Рисунок 2 – Схема зерноочистительной машины с лопастным активатором [4]

Таким образом, при разработке горизонтально центробежно-решетного сепаратора с дополнительным активным рабочим органом следует обратить внимание на следующие тенденции развития объекта: использование максимально возможной поверхности цилиндрического решета; снижение металлоёмкости; эффективное использование дополнительного активного рабочего органа; уменьшение повреждений зернового вороха.

Выводы:

- 1) выполнен поиск существующих машин с активным рабочим органом для дополнительного воздействия на зерновой ворох в горизонтально центробежно-решетном сепараторе;
- 2) выявлены тенденции развития объекта исследования;
- 3) предложена конструкция горизонтально центробежно-решетного сепаратора с дополнительным активным рабочим органом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения / Е.С. Босой, О.В. Верняев, И.И. Смирнов, Е.Г. Султан-Шах ; под ред. Е.С. Босого – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1977. – 568 с.
2. Патент № 2686888 Российская Федерация, МПК В07В 1/24 (2006.01). Сепаратор сыпучих материалов: № 2018128095: заявл. 31.07.2018: опубл. 06.05.2019 / Сабашкин В.А., Топоров В.Р., Сухопаров А.А., Сеницын В.А.: заявитель СФНЦА РАН. – 8 с.
3. Патент № 2489840 Российская Федерация, МПК А01F 12/44 (2006.01). Зерноочистительная машина: № 2012112517/13: заявл. 30.03.2012: опубл. 20.08.2013 / Иванов Н.М., Топоров В.Р., Орлов А.А., Сухопаров А.А., Сеницын В.А., Николашкин В.И.; заявитель ГНУ СибИМЭРоссельхозакадемии. – 4 с.
4. Патент № 211543 Российская Федерация, МПК А01F 12/44 (2006.01). Зерноочистительная машина: № 2022104107; заявл. 16.02.2022: опубл. 14.06.2022 / Угаров В.А., Сороченко С.Ф., Даудов Г.Ю.: заявитель АлтГТУ. – 10 с

АВАРИЙНОСТЬ В ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЕ Г. БАРНАУЛА

Усольцева Екатерина Олеговна, студентка гр. ТТП-01, e-mail: usolcevakatya232@gmail.com
Научный руководитель - Печатнова Елена Владимировна, к.т.н., доцент,
e-mail: phukcia@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Безопасность дорожного движения является необходимым условием устойчивого социально-экономического развития субъектов РФ, городов и муниципальных образований. Разработка государственных программ, направленных на снижение дорожно-транспортной аварийности требует комплексного научного подхода. Одной из наименее изученных проблем являются особенности аварийности в пригородных зонах. Статья посвящена изучению таких особенностей на примере пригородных участков автомобильных дорог федерального значения города Барнаула.

Ключевые слова: ДТП, безопасность дорожного движения, особенности аварийности, пригородный режим, федеральные дороги.

В настоящее время на государственном уровне уделяется большое значение транспортной сфере, как развитию надежности, эффективности функционирования транспортных систем, так и обеспечению безопасности дорожного движения [1, 2].

Ежегодно на федеральных дорогах погибает большое количество людей, что негативно влияет на демографический и социально-экономический уровни страны. Так, в 2022 году на автомобильных дорогах федерального значения произошло 18025 ДТП, в которых погибло 4448 человек, а было травмировано 25886. Таким образом, в каждом четвертом ДТП на таких дорогах погибает человек.

В Алтайском крае в настоящее время функционируют 4 федеральные дороги: Р-256 Чуйский тракт, А-322 Барнаул–Рубцовск–государственная граница с Республикой Казахстан, А-321 Барнаул–Павловск–государственная граница с Республикой Казахстан. Аварийность на них можно оценить как высокую: по итогам 2022 года на федеральных дорогах края произошло 315 ДТП, что составляет 13,7% от общей аварийности, в них пострадало 494 человека (16,6%), а погибло 84 (31,8%). Таким образом, практически каждый третий погибший в ДТП в Алтайском крае погиб на федеральной дороге. При этом федеральные дороги занимают всего 1,8% от общей региональной дорожной сети.

Особую роль при исследованиях процессов аварийности имеют условия движения. Выделяют городской, пригородный и загородный режим. Наименее изученными остаются вопросы, связанные с пригородным режимом [3].

Целью работы является оценка аварийности на федеральных дорогах в пригородной зоне г. Барнаула.

Проанализированы данные о ДТП, которые произошли в 2020 и 2021 году в пригородной зоне Барнаула на федеральных дорогах (рисунок 1).

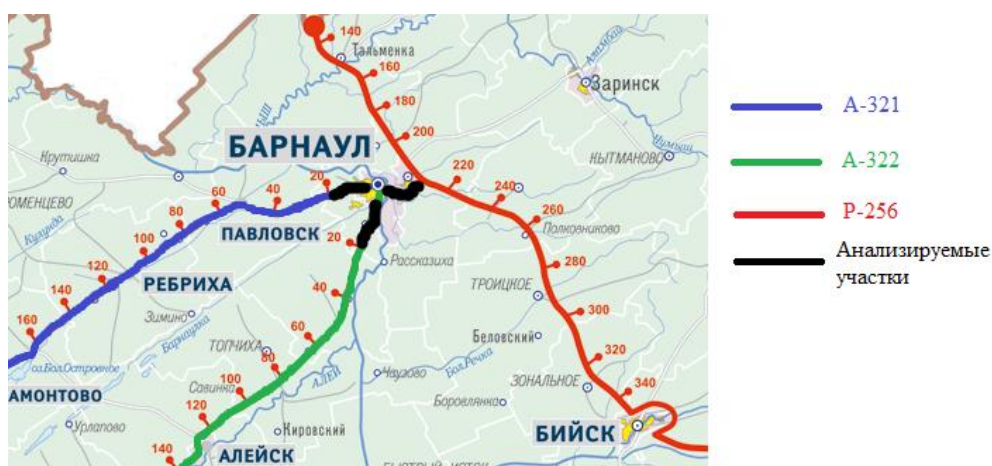


Рисунок 1 – Анализируемые участки

Всего обработано 41 ДТП, в которых погибло 10 человек и 63 получили ранения. Общая протяженность анализируемых участков 30 км.

Проанализировано распределение аварийности по месяцам (рисунок 2). Наибольшие значения достигаются в июне, июле, сентябре и декабре.

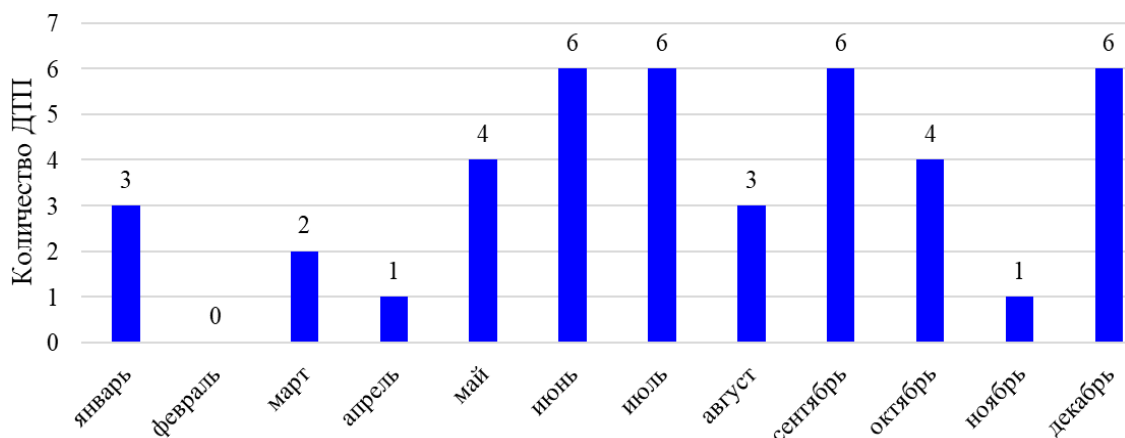


Рисунок 2 – Распределение аварийности по месяцам

Структура аварийности по видам ДТП представлена на рисунке 3. Более половины ДТП занимают столкновения, что показывает сходство с загородным режимом движения. Далее в ряду распространенности находятся наезды на пешеходов (15%). Достаточно высокая доля наездов на пешеходов указывает на сходство с городским режимом движения, однако тяжесть последствий наездов очень высокая: в 6 ДТП погибло 6 человек.

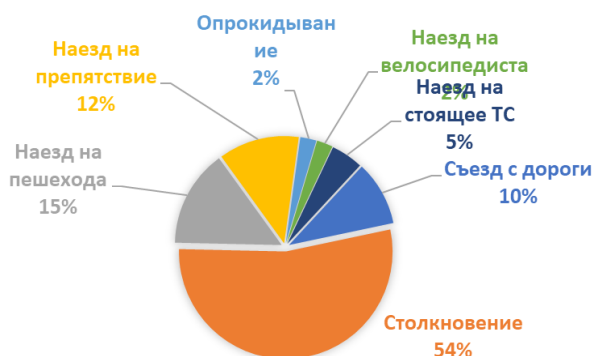


Рисунок 3 – Структура аварийности по видам ДТП

Далее построена таблица сопряженности для фактора вид ДТП и объекты УДС на месте ДТП. В половине случаев отмечено, что ДТП произошло на перегоне (нет объектов УДС на месте ДТП). Это связано с большой распространенностью таких участков. Анализ ДТП, которые произошли вне перегонов, показал следующее. Съезды с дороги отмечаются на подходах к мостам; столкновения – на мостах, регулируемых перекрестках, нерегулируемых перекрестках, нерегулируемых пешеходных переходах и выездах с прилегающей территории; наезды на пешеходов – на нерегулируемых перекрестках, нерегулируемых пешеходных переходах; наезды на стоящее ТС – на нерегулируемых перекрестках; наезды на препятствие – на регулируемых пешеходных переходах; наезды на велосипедиста – на мостах.

Анализ объектов УДС вблизи места ДТП показал, что 45% изучаемых аварий произошли вблизи остановок общественного транспорта.

Далее проанализированы непосредственные нарушения ПДД (рисунок 4). Наиболее распространенным нарушением является несоблюдение очередности проезда.



Рисунок 4 – Непосредственные нарушения ПДД

Проведенный анализ позволил сформировать следующие выводы. Дорожно-транспортная аварийность в пригородной зоне имеет свои отличительные особенности. Среди них более низкая доля наездов на пешеходов, чем в городской зоне, но более высокая тяжесть последствий ДТП. Кроме того, большая доля ДТП на нерегулируемых перекрестках и нерегулируемых пешеходных переходах. Среди объектов УДС вблизи места ДТП выделены остановки общественного транспорта, что объясняется тем, что вблизи этих мест изменяются условия движения в результате наличия пешеходов и изменения скоростного режима. Выделены несколько групп нарушений ПДД, среди которых: несоблюдение очередности проезда, неправильный выбор дистанции и несоответствие скорости конкретным условиям. Все эти нарушения можно отнести к неверной оценке водителем изменившейся дорожной обстановки.

Для обеспечения безопасности в пригородной зоне необходим учет особенностей движения и соответствующий выбор превентивных мероприятий. Перспективами дальнейших исследований является натурное и статистическое изучение особенностей дорожного движения и их анализ как фактора высокой дорожно-транспортной аварийности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Печатнова Е.В. Определение значимости влияния дорожных условий на аварийность в автомобильных дорогах федерального значения / Е.В. Печатнова, К.Э. Сафронов // Техника и технология транспорта. – 2020. – № 4. – С. 6. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44356992>. – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

2. Печатнова Е.В. Определение причин и способов снижения дорожно-транспортной смертности в регионах с повышенным социальным риском ДТП / Е.В. Печатнова, С.Н. Павлов // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2020. – № 12. – С. 28-34. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44502237>. – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

3. Печатнова Е.В. Исследование состава движения в пригородной зоне / Е.В. Печатнова // Наука и молодежь. Материалы XVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2-х томах. Отв. редактор М.В. Гунер. – Барнаул, 2021. – С. 209-211. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46680373>.

СЕКЦИЯ «СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ»

ПОДСЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

ВЛИЯНИЕ ИСКЛЮЧЕНИЯ ЗЕРЕН ИЗМОДЕЛИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ НА МАГНИТНЫЕ СИЛЫ

Житников Кирилл Олегович, магистрант кафедры «Технологии машиностроения»,
e-mail: kir.zhitnikov@yandex.ru

Научный руководитель - Иконников Алексей Михайлович, д.т.н., доцент,
e-mail: iamagtu@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассматривается влияние размера магнитного индуктора на действующие на зерна абразивного порошка магнитные силы. Построение моделей и расчет магнитных сил действующих на зерна проводились методом конечных элементов в САЕ системе ANSYS Electromagnetic Suite в модуле Ansys Maxwell 2D. Приведены модель влияния исключения зерен из системы и модели воздействующих на зерна магнитных сил.

Ключевые слова: магнитно-абразивная обработка, магнитные силы, AnsysMaxwell, метод конечных элементов, краевой эффект.

Введение

Магнитно-абразивная обработка перспективный метод финишной обработки. При котором съем материала происходит путем воздействия магнитных сил на зерна, которые воздействуют на поверхность заготовки. При магнитно-абразивной обработке (МАО) поверхность инструмента нанесения и глубина внедрения абразивных зерен в металл определяется силой резания [1]. Для определения которой, в ходе работы были рассчитаны магнитные силы, действующие на зерна порошка.

Вид анализируемой модели

Модель представляет собой магнитный индуктор диаметром от 20 до 50 мм, заготовку и порошок находящийся в зазоре 0,7 мм, размещенный методом плотной упаковки (профессор Сакулевич Ф.Ю). Порошок расположен в 3 ряда (отсчет рядов порошка начинается от заготовки). В первом ряду находится 79 зерен, во втором 80 зерен, в третьем 81 зерно. Диаметр зерна 0.2мм.

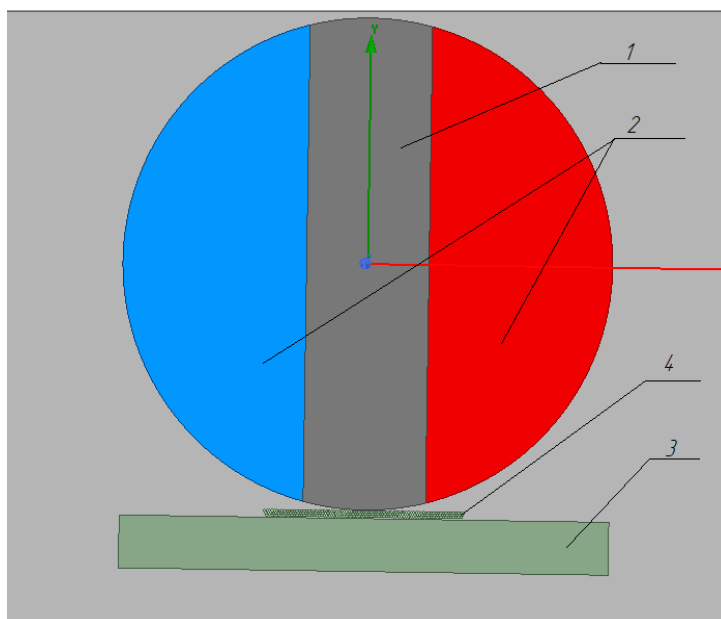


Рисунок 1 - Модель для расчета магнитных сил на зерна: 1) магнит; 2) магнитопровод; 3) заготовка; 4) абразивный порошок.

Описание влияния на исключение зерен из модели

Для получения достоверного результата расчета сил резания в дальнейшем, необходимо определить влияние оказываемое краевым эффектом на вид модели. С этой целью были рассчитаны 5 моделей с одинаковыми исходными данными из которых впоследствии столбцами исключались зерна.

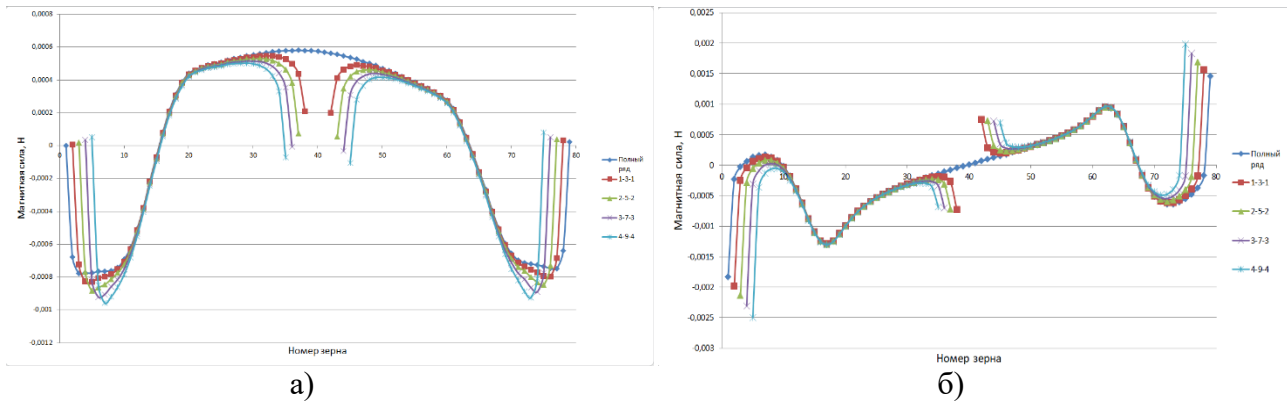


Рисунок 2 - Графики магнитных сил действующих на зерна рассчитанных моделей по первому ряду: а) распределение по y; б) распределение по x.

Из графиков можно заметить, что влюбом месте, в котором мы исключаем зерна, возникает краевой эффект. И затрагивает 5...6 зерен, начиная от крайнего зерна, где бы не находился исключенный столбец.

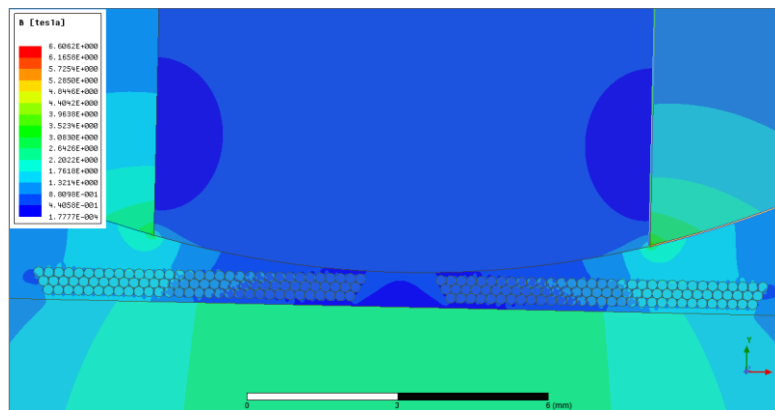


Рисунок 3 - Распределение магнитных сил на модели с исключенными зернами (4 крайних зерна с каждой стороны и 9 зерен из центра по первому ряду)

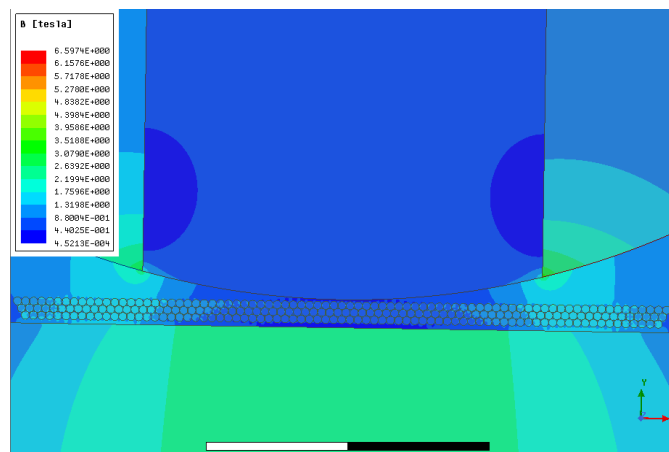


Рисунок 4 - Распределение магнитных сил на модели без исключенных зерен

На рисунке 3 показано распределение магнитных сил, в котором видно минимальное значение сил, в отличие от модели изображенной на рисунке 4. Можно заметить, что на модели без исключенных зерен центральный сегмент заполнен силами, действующими между зёрнами.

Выводы

1. Для получения достоверных значений магнитных сил необходимо исключать часть рассчитанных зерен. Из графиков видно, что исключать из расчета следует исключать 5-7 рассчитанных зерен.

2. Использование программы расчета методом конечных элементов ANSYS Maxwell, значительно экономит временные затраты на расчет модели магнитно-абразивной обработки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1986. – 176 с: ил.
2. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы/Пер. с англ. - М.: Мир, 1984.-428 с.
3. Иконников А.М. Теоретические основы обеспечения качества и повышения производительности магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: специальность 05.02.07 г. Барнаул, 311 с.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Кистер Эдуард Игоревич, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,
e-mail:kister@internet.ru

Научные руководители - Ятло Иван Иванович, к.т.н., доцент, e-mail:iiij-alt@mail.ru,
Буканова Ирина Сергеевна, к.т.н., доцент, e-mail:ir-bis68@mail.ru,

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Показана актуальность проблемы необходимости быстрого освоения эффективной механической обработки, требующей создания экспериментальных способов, позволяющих оперативно определять скорости резания в конкретных условиях обработки. Эта задача становится особенно актуальной в связи с появлением большого количества новых труднообрабатываемых и инструментальных материалов, в частности инструмента из СТМ.

Ключевые слова: оптимальный, режимы резания, труднообрабатываемый.

Анализ критериев выбора режимов резания показывает, что режимы, обеспечивающие достижение наибольшей стойкости инструмента и наибольшей площади обработанной поверхности детали, зависят только от физико-механических процессов, происходящих при резании. Режимы, удовлетворяющие другим критериям, зависят, кроме того, от технико-экономических производственных факторов: уровня автоматизации, серийности производства, наличия узких мест и др. Вследствие этого, для оценки режимов резания удобно использовать эти два критерия. Уточнение режимов рекомендуется осуществлять в соответствии с конкретными условиями производства.

Режимы резания связаны с ограничениями, накладываемыми техническими требованиями к детали: необходимой точностью, шероховатостью обработанной поверхности, качеством поверхностного слоя. При чистовой обработке глубина резания назначается в зависимости от требуемой точности, шероховатости поверхности, а также качества поверхностного слоя. Исследования показали, что при чистовой обточке следует работать на максимально допустимой подаче, удовлетворяющей требованиям по шероховатости поверхности. Следо-

вательно, в этом случае задача определения режимов резания сводится к нахождению скорости резания.

В зависимости от выбранного критерия оптимальности различают следующие скорости резания:

1. Соответствующую максимальной производительности обработки.
2. Экономическую - соответствующую наименьшей себестоимости обработки.
3. Оптимальную - соответствующую наибольшей площади обработанной поверхности.

На основании вышеизложенного, только последняя скорость резания определяется исключительно физическими процессами, возникающими при резании. Остальные же зависят, кроме того, от производственных и технико-экономических факторов. В связи с этим, в дальнейшем будет идти речь о скорости резания, соответствующей наибольшей площади обработанной поверхности (наибольшему пути резания) при токарной обработке в заданных условиях обработки. Этой скорости соответствует минимальная величина относительного износа инструмента.

Многообразие существующих способов испытания вызвано необходимостью оперативного определения скоростей резания, как при обработке новых материалов, так и при обработке материалов с различными комбинациями глубины резания, подачи, геометрии инструмента и др.

Обоснование направления, в котором наиболее целесообразно проводить исследования по отысканию способов ускоренного определения скоростей резания при назначении режимов обработки проведем на основании известных работ отечественных и зарубежных исследователей

Определение обрабатываемости расчетно-аналитическими методами оценивается по способности материала изнашивать режущую часть инструмента и определяется по скорости резания V_t , соответствующей определенной стойкости T при работе с определенным сечением снимаемого слоя, режущим инструментом, имеющим оптимальные геометрические параметры.

В настоящее время проводятся обширные экспериментальные исследования с целью установления корреляционных зависимостей коэффициентов обрабатываемости с параметрами физико-механических свойств (пределом прочности при растяжении и изгибе, относительным удлинением, твердостью, ударной вязкостью, карбидной неоднородностью и др.), химическим составом обрабатываемых и инструментальных материалов.

Такой подход к решению проблемы определения скорости резания расчетным путем, по нашему мнению, является наиболее общим и перспективным.

Однако разработки в этом направлении еще находятся в начальной стадии и требуют обширных экспериментальных исследований. В связи с этим, задача оперативного экспериментального определения скоростей резания, решение которой позволит в короткие сроки накопить необходимый экспериментальный материал для внедрения в производственную практику расчетного метода, имеет большую актуальность.

Способы, заключающиеся в экспериментальном определении зависимостей стойкости или относительных величин износа инструмента от скорости резания при заданных условиях обработки, как показала практика, дают наиболее точные результаты.

Методики ускоренного определения зависимостей относительного износа от скорости резания приведены в работах А.Д. Макарова и А.С. Кондратова. в которых для определения относительного износа инструмента природном уровне скорости резания используется только отрезок участка нормального износа инструмента. На оставшиеся части этого участка производятся испытания при других скоростях резания. При этом принимается, что величина относительного износа не зависят от абсолютного значения износа инструмента и предыдущего уровня скорости резания. Можно ожидать, что это предположение выполняется не во всех случаях, так как при различных скоростях резания (контактных температурах) в материале режущей части инструмента могут происходить структурные превращения, существенно

влияющие на относительный износ. Поэтому оно требует дополнительной проверки. Кроме того, в указанных методиках нет обоснования рационального объема испытания - необходимого количества инструментов, а также длительности испытаний для получения оценки относительного износа с заданной точностью и надежностью. Поэтому разработка рациональной методики ускоренных испытаний является одной из задач настоящей работы.

Проведенный анализ литературных данных позволил сделать следующие выводы:

1. Способы определения скоростей резания при назначении режимов обработки, основанные на анализе экспериментальных зависимостей, дают наиболее точные и надежные результаты.

2. Скорости резания, соответствующие минимальному относительному износу инструмента, являются наиболее характерными при назначении режимов обработки.

3. Достаточно надежное определение относительного износа инструмента, возможно путем ускоренных испытаний, проводимых на отрезке участка нормального износа режущего инструмента.

4. Измерение износа инструмента в процессе обработки позволяет значительно ускорить испытания по определению относительного износа. Для этого возможно использование информации о температуре на участках тела инструмента, расположенных в непосредственной близости от контактных поверхностей со стружкой и деталью.

5. Определение достаточно узких интервалов скоростей резания, соответствующих минимальному относительному износу инструмента, возможно на основании существования оптимальной температуры резания.

6. Измерение температуры на участках тела инструмента, находящихся в непосредственной близости от контактных поверхностей со стружкой и деталью, является наиболее надежным способом получения информации об изменениях температуры резания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Адаптивное управление станками. Под ред. Б.С. Балакшина. М., «Машиностроение», 1986.

2. Великанов К.К., Новожилов В.И. Экономичные режимы резания метал-10в, Л. «Машиностроение», 1972.

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗАЦИИ ВЫБОРА СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Лаврентьев Даниил Евгеньевич, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,
e-mail: danlav99@mail.ru

Научный руководитель - Щербakov Николай Петрович, к.т.н., доцент, e-mail: olimptm@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Показана актуальность проблемы выбора станочных приспособлений в процессе технологической подготовки производства. Рассмотрены вопросы снижения трудоемкости и повышения качества проектных решений при выборе станочных приспособлений за счет использования средств вычислительной техники. Приведены возможные способы автоматизации выбора станочных приспособлений методами анализа и синтеза.

Ключевые слова: автоматизация проектирования, автоматизация выбора, приспособления, качество, трудоемкость, синтез, анализ.

Современные станочные приспособления - это большой класс технологических объектов, отличающихся многообразием конструкций, многокомпонентностью и иерархичностью структуры, сложной геометрией составляющих и широким диапазоном изменения размеров, различной степенью универсальности и типичности. Проектирование технологической оснастки составляет до 80% общей трудоемкости конструкторской подготовки производства. Себестоимость проектирования оснастки достигает 5-10% себестоимости производимой продукции [1].

Существует большое количество типовых конструкций станочных приспособлений, а также типовых элементов, из которых они состоят. Благодаря их использованию можно добиться более продуктивного проектирования приспособления, осуществлять взаимозаменяемость деталей и снижать стоимость специального приспособления.

Выбор необходимого типового решения есть последовательный выбор по отдельным частным технологическим задачам. Причем по каждой задаче, за исключением задач расчетного характера, решение принимается в результате выбора из известных типовых решений с учетом комплекса условий. Такое представление процесса выбора указывает путь для формализации самого процесса принятия решений. Для этого достаточно описать каким-либо образом весь набор типовых решений, а также условий, при которых может быть применено каждое из них. Тогда процесс выбора сведется к проверке соответствия исходных данных условиям применимости типовых решений; при выполнении всех условий комплекса принимают соответствующее типовое решение [1].

Для реализации автоматизации выбора приспособлений и их составляющих формируются две базы данных: база данных типовых элементов приспособлений и база данных типовых конструкций станочных приспособлений. По сути, эти базы данных представляют собой множество типовых решений и правил их выбора для конкретной проектной задачи. Этот выбор сформулирован в виде правил продукций «ЕСЛИ – ТО» и представлен в виде элементов экспертной системы, в основе которых лежат таблицы соответствий. База данных типовых конструкций приспособлений представляет собой таблицы, где поля - это условия применимости, а каждая запись – типовая конструкция с соответствующими ей условиями применимости, которые отмечены, как «истина». База данных типовых элементов приспособлений имеет аналогичное строение, однако вместо типовых конструкций в ней указаны типовые элементы станочных приспособлений.

В данной работе методика автоматизированного выбора будет рассмотрена на примере выбора приспособления для операции фрезерования паза вала. При автоматизированном выборе саночных приспособлений первым делом требуется выделить исходные данные, которые будут являться условиями применимости конструкций и элементов станочных приспособлений: габаритные размеры заготовки, масса заготовки, конфигурация заготовки, объем выпуска, допуски параллельности, соосности, наклона и др.

Следующим этапом после проведения процедуры выделения исходных данных является выбор методом анализа путем выбора типовой конструкции станочного приспособления. Для этой цели используется база данных типовых конструкций приспособлений. Сначала в обобщенной таблице сгруппированных типовых конструкций по условиям применимости выбирается подходящая для данной операции группа конструкций (рисунок 1).

Группа	БП чистая	БП черная	БП плоская	БП цилиндр	БП отверстие	БП криволи	БП накл
1 Тиски станочные	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Столы поворотные	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Плиты	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Головки делитель	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Рисунок 1 - выбор подходящей группы типовых конструкций

С помощью инструмента «фильтр» нужно согласно исходным данным выбрать необходимые условия применимости типовых конструкций станочных приспособлений и отметить их как «истина». После применения фильтров в таблице останутся только подходящие для проведения операции группы конструкции приспособлений (рисунок 2).

Группа	БП чистая	БП черная	БП плоская	БП цилиндр
1 Тиски станочные	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Рисунок 2 - фрагмент таблицы после применения фильтров

На рисунке 2 видно, что подходящую типовую конструкцию следует искать в группе станочных тисков. Фрагмент этой таблицы представлен на рисунке 3:

1 Тиски станочные	Название	Закре	Де	БП плоскость	БП цилиндр	БП отв
	Тиски поворотные универсальные	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Тиски призматические с гидравлическим приводом	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Тиски призматические с пневматическим приводом поворотные	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Тиски призматические с ручным приводом	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Тиски с гидравлическим приводом неповоротные	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Тиски с гидравлическим приводом поворотные	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Рисунок 3 - фрагмент таблицы станочных тисков

После определения группы типовой конструкции следует использовать соответствующую таблицу и по условиям применимости уточнить наиболее подходящую конкретную типовую конструкцию приспособления, проведя аналогичные операции. После применения фильтров в таблице останутся только подходящие для проведения операции типовые конструкции станочных приспособлений. В данном примере наиболее подходящими конструкциями являются: тиски с ручным приводом поворотные, тиски универсальные переналаживаемые, тиски призматические с ручным приводом. Для проведения операции фрезерования паза на валу наиболее подходящей типовой конструкцией являются тиски призматические с ручным приводом, которые представлены на рисунке 4. После выбора типовую конструкцию, при необходимости, нужно доработать, убрав ненужные или добавив недостающие элементы.

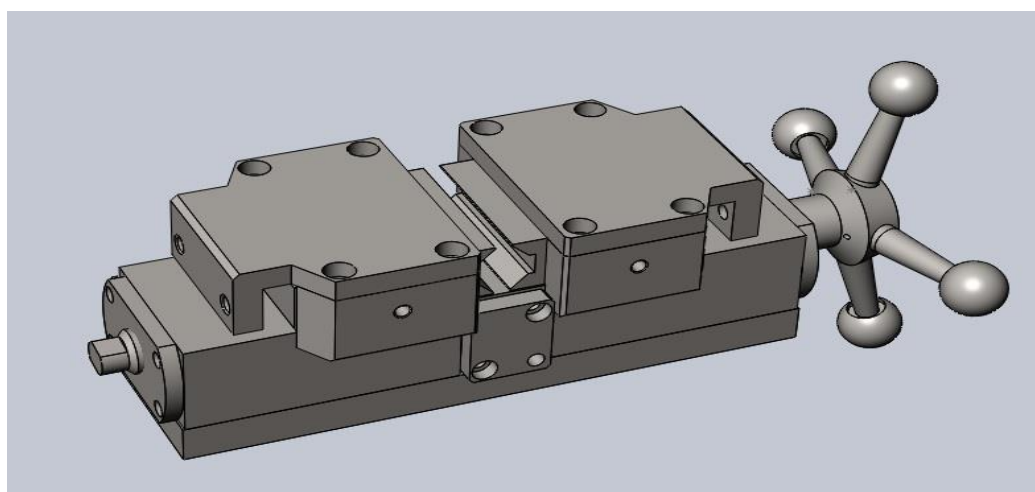


Рисунок 4 - тиски призматические с ручным приводом

В случае, если на предприятии нет возможности использовать данное приспособление или база данных типовых конструкций недостаточно емкая, и нет подходящей по условиям применимости конструкции, в соответствии с алгоритмом следует использовать базу данных типовых элементов приспособлений (метод синтеза). Подбор подходящих типовых элементов приспособлений аналогичен подбору подходящих типовых конструкций станочных приспособлений. После подбора всех необходимых типовых элементов конструкция приспособления компоуется с использованием САПР «Компас-3D» и ее встроенных библиотек типовых элементов станочных приспособлений. Для фрезеровки паза на валу методом синтеза было скомпоновано 3 возможных конструкции приспособлений. В каждом случае установочным элементом были призмы, однако зажимные элементы кардинально меняли конструкцию приспособления в целом. Упрощенные конструкции приспособлений указаны на рисунке 5:

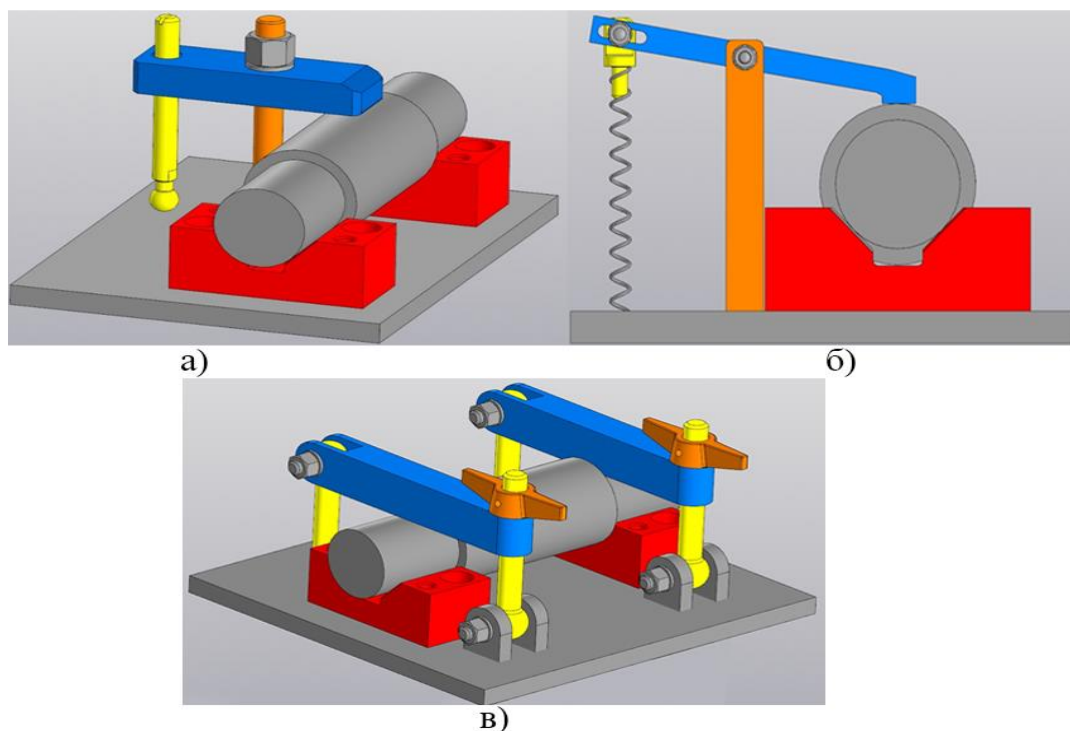


Рисунок 5 – полученные конструкции приспособлений: а) с прихватом, б) с рычажным зажимом, в) с винтовым прихватом

Благодаря использованию базы данных типовых элементов приспособлений трудоемкость подбора элементов значительно снижается, что делает возможным создание большего количества вариантов приспособления. Это значительно повышает качество конструкторской подготовки производства благодаря возможности оптимизации выбора конструкции путем выделения наилучшего варианта по какой-либо характеристике. В данном примере приспособление с прихватом наименее дорогостоящее, приспособление с рычажным зажимом позволяет устанавливать деталь быстрее всего, а приспособление с винтовым прихватом обеспечивает наибольшее зажимное усилие.

Лабораторная апробация методик автоматизированного выбора станочных приспособлений позволила достичь снижения трудоемкости ТПП на 40% - 60%, а также повысить качество принимаемых решений за счет их оптимизации, что в целом позволило считать технологическую подготовку производства более совершенной и эффективной в части выбора станочных приспособлений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов. Учебник для вузов по спец. «Технология машиностроения»/С.Н. Корчак, А.А. Кошин, А.Г. Ракович, Б.И. Сеницын; Под общ. ред. С.Н. Корчака. – М.: Машиностроение, 1988. – 352с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ СФЕРИЧЕСКИМИ ФРЕЗАМИ

Логвиненко Виталий Витальевич, студент кафедры «Технология машиностроения», e-mail: vitlog2004@yandex.ru; Сыровежкин Михаил Романович, аспирант кафедры «Технология машиностроения», e-mail: mr.syrovezhkin@yandex.ru

Научный руководитель - Черданцев Алексей Олегович, инженер кафедры «Технология машиностроения», e-mail: hypertigr@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Показана необходимость разработки способов расчета шероховатости на разных участках сложнопрофильных поверхностей. Необходимость обусловлена значительными отличиями в структуре микронеровностей, измеренных в различных местах. Приведен подход к построению имитационной математической модели, позволяющий прогнозировать шероховатость сложнопрофильных поверхностей, полученных сферическими фрезами.

Ключевые слова: шероховатость, сферические фрезы, сложнопрофильные поверхности, математическое моделирование.

В современном машиностроении растет номенклатура сложнопрофильных деталей. Таковыми деталями являются штампы, матрицы, мастер-модели, пуансоны. Для производства этих деталей необходимо обеспечить требуемые параметры шероховатости, что является актуальной, требующей внимания задачей. Шероховатость поверхности влияет на величину усталостного сопротивления, износостойкость, контактную жесткость, обтекаемость газами и жидкостями, виброустойчивость, коррозионную стойкость, а также на ряд других эксплуатационных свойств деталей.

Поверхности упомянутых выше деталей зачастую получают с помощью сферических фрез. Режущие кромки таких фрез представляют собой достаточно сложные пространственные кривые (на рисунке 1 показаны красным цветом).

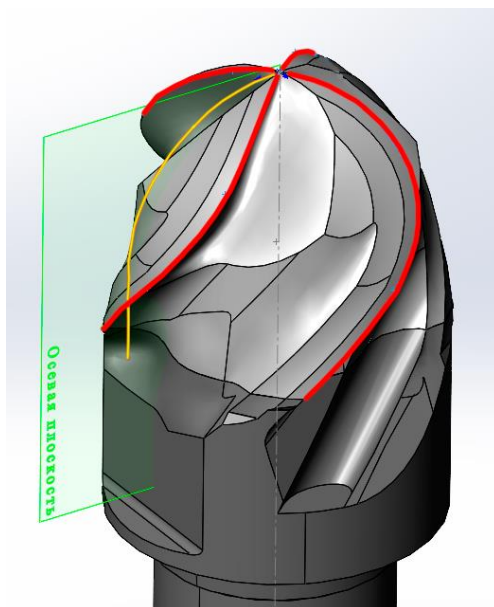


Рисунок 1 – Модель фрезы со сферической вершиной

Эти кривые при вращении вокруг оси инструмента формируют в осевой плоскости дугу окружности (на рисунке показано желтым цветом). Как правило, сферические фрезы используются для формирования сложнопрофильных поверхностей. Но даже если рассмотреть простейший случай обработки по прямолинейной траектории (рисунок 2), то у формируемой поверхности на участках, отличающихся своим положением формируется различный микрорельеф.

Требования к шероховатости сегодня предъявляются к параметрам, оцениваемым по профилю. Формирование профиля осуществляется участком режущей кромки. Точки, составляющие этот участок, расположены на различных диаметрах и высотах. Найти аналитические выражения, описывающие профиль шероховатости, является крайне сложной задачей. И даже если эту задачу разрешить, то полученное решение будет практически невозможно использовать для расчета параметров шероховатости.

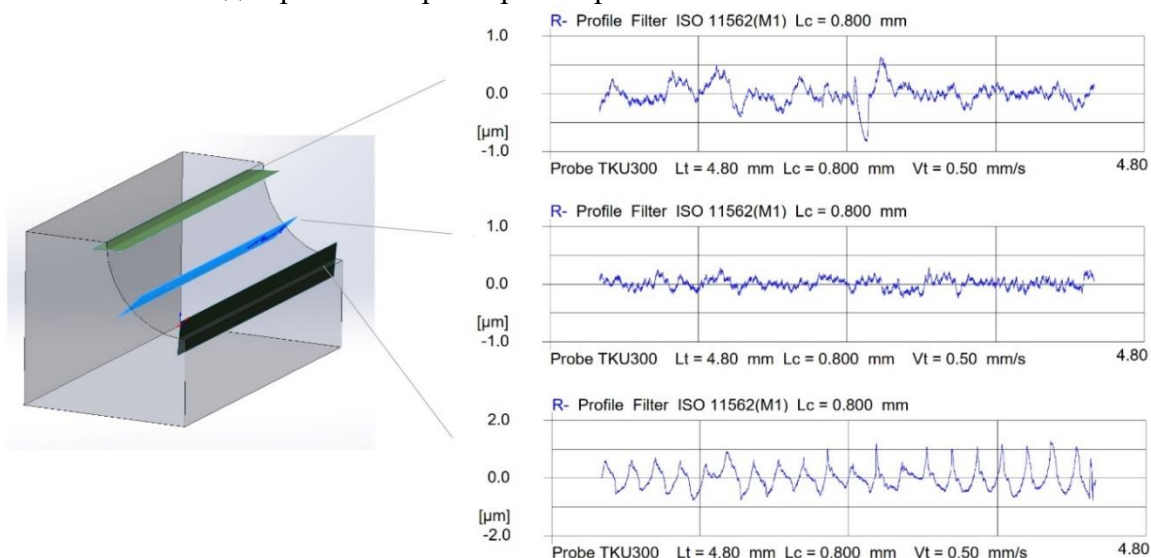


Рисунок 2 – Профиль микрорельефа обработанной поверхности

В работе [1] приведен подход к построению имитационной модели, позволяющей рассчитать форму микронеровностей при торцевом фрезеровании. Для того, чтобы спрогнозировать шероховатость, получающуюся в различных профилях при обработке сферическими фрезами, нами предлагается основанный на указанной работе способ имитационного моделирования.

Процесс резания материала моделируется как взаимодействие геометрии обрабатываемой поверхности и геометрии режущих кромок инструмента. Поверхность представляется в виде пространственной сетки и высот микронеровностей, определенных для каждого узла сетки в нормальном к поверхности направлении. Режущая кромка описывается последовательностью точек и соединяющих их отрезков. Координаты этих точек возможно получить, обработав 3D модель фрезы, взятую с сайта производителя либо проведя измерения с конкретного экземпляра инструмента. Пространственные перемещения точек инструмента можно описать с помощью матрично-векторного умножения. Рассчитав, таким образом, положение точек можно сформировать поверхность резания. Профиль микронеровностей является набором фрагментов кривой пересечения поверхности резания и плоскости, содержащей профиль шероховатости. Этот набор фрагментов состоит из точек, наиболее удаленных от траектории движения центра инструмента.

Реализовав модель по предложенному нами подходу, становится возможным усовершенствовать технологическую подготовку операции фрезерования, обеспечив контроль выполнения требований по параметрам шероховатости в конкретных местах поверхности детали.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Черданцев А.О., Хоменко В.А. Стохастическое имитационное моделирование формирования геометрических параметров поверхности деталей при обработке торцовыми фрезами. // 8-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь – 2011» / Алт. гос. тех. ун. им. И.И. Ползунова.- Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2011.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ОПЕРАЦИЙ ПРОМЫВКИ

Парфенова Маргарита Александровна, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,
e-mail:margarita.rainet@bk.ru

Научный руководитель - Балашов Александр Владимирович, к.т.н., доцент,
e-mail:bavagtu@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрена методика автоматизированного проектирования тары для размещения партии деталей на операции промывки в системе трехмерного моделирования Компас 3D. Приведена методика расчета коэффициента запаса наиболее нагруженных деталей методом конечных элементов в приложении ARMFEM. Результаты работы могут быть полезны инженерам – конструкторам машиностроительных предприятий и студентам высших учебных заведений.

Ключевые слова: трехмерное моделирование, метод конечных элементов, коэффициент запаса, промывка, тара.

В технологических процессах изготовления деталей машин присутствует операция промывки. Операции промывки необходимы перед контролем. Детали на операциях промывки могут подаваться в моечную машину, как индивидуально, так и партиями. Для размещения партии деталей в моечной машине необходима технологическая оснастка – тара.

Для машиностроительного предприятия Алтайского края в системе трехмерного моделирования Компас 3D спроектирована тара для промывки партии деталей – проставок, рисунок 1.

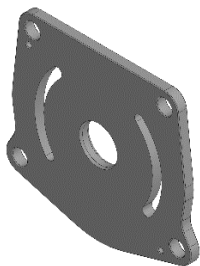


Рисунок 1 – 3D модель проставки

По техническому заданию в тару должно помещаться 30 деталей. Для облегчения массы тары с проставками, и исключения воздействия агрессивной промывочной жидкости на детали тары, последние должны быть изготовлены из неметаллических материалов.

Согласно техническому заданию материалом деталей тары выбран полиамид ПА-6 ОСТ 6-06-С9-93. Посредством команд системы Компас 3D: элемент выдавливания, элемент вращения, элемент по траектории и др. созданы 3D модели деталей тары. 3D модели детали сопряжены в одно изделие. 3D модель тары показана на рисунке 2.

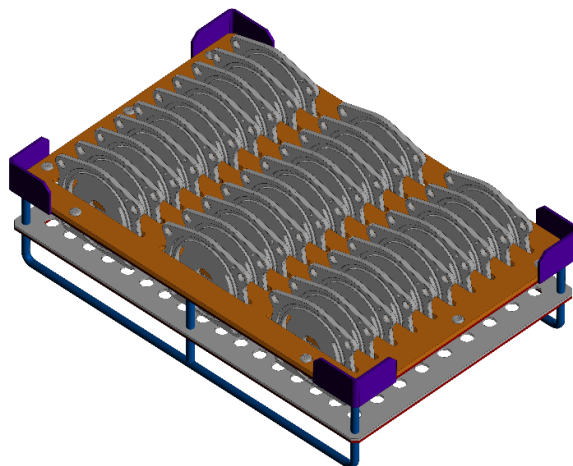


Рисунок 2 – 3D модель тары

Тара состоит из каркаса, на котором размещены верхняя и нижняя полки. В верхней полке имеются пазы для вертикального расположения тридцати деталей. В нижней полке имеются отверстия для слива промывочной жидкости. Наиболее нагруженной деталью тары является нижняя полка.

В приложении АРМ FEM выполнен расчет коэффициента запаса по пределу текучести нижней полки. Расчет выполнялся методом конечных элементов.

На первом этапе прочностного расчета вводились характеристики материала полки, рисунок 3.

На основе существующего в модели материала:	Загрузить
Модуль Юнга, [МПа]	2200
Коэффициент Пуассона, [-]	0.15
Плотность, [кг/м ³]	1130
Коэффициент температурного расширения, [1/°C]	0.2e-04
Коэффициент теплопроводности, [Вт/(°C*м)]	0.23
Предел прочности при сжатии, [МПа]	55
Предел прочности (Временное сопротивление), [МПа]	55
Предел текучести, [МПа]	65
Предел усталостной прочности (н), [МПа]	27
Предел усталостной прочности (к), [МПа]	20

OK Отмена

Рисунок 3 – Окно ввода параметров материала

На втором этапе задавались граничные условия. Закрепление по граням полки, распределенная нагрузка по верхней поверхности полки, равная весу тридцати проставок, рисунок 4.

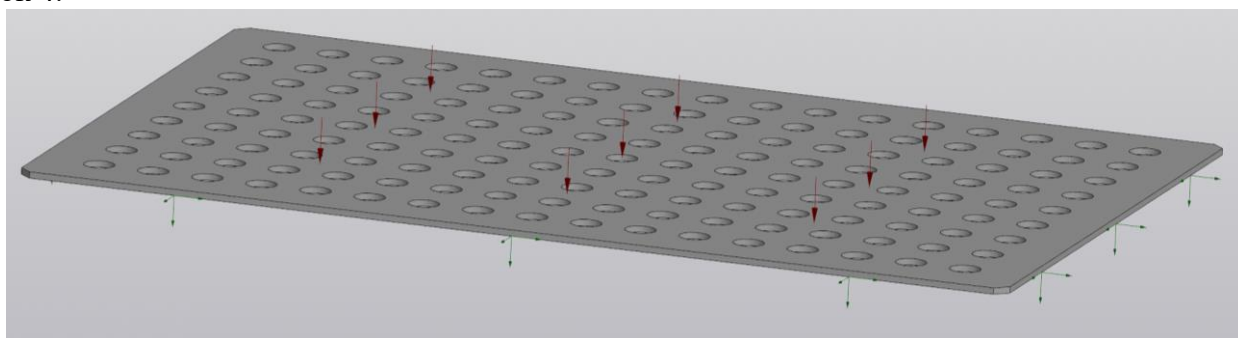


Рисунок 4 – Задание граничных условий

На третьем этапе 3D модель полки разбивалась на конечные 10-узловые тетраэдры. Далее выполнялся прочностной расчет, рисунок 5.

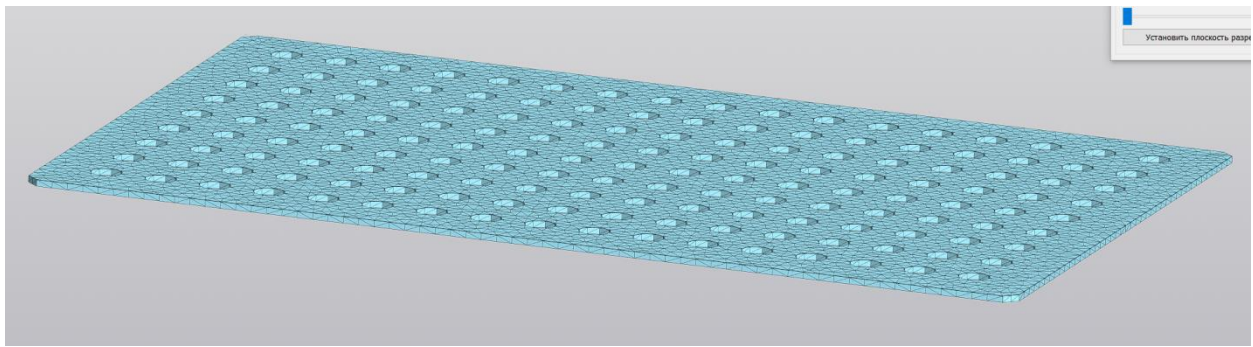


Рисунок 5 – Конечно-элементная модель полки

На следующем этапе выводилась карта результатов расчета, рисунок 6.

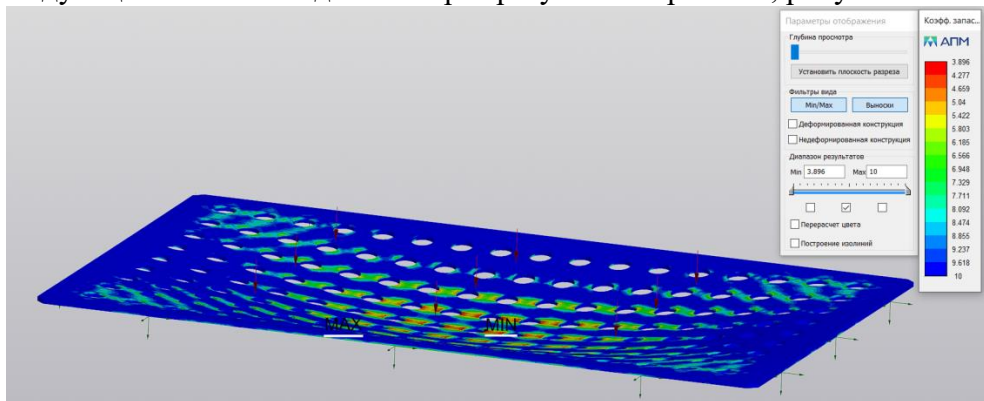


Рисунок 6 – Карта результатов расчета

На последнем этапе методики прочностного расчета методом конечных элементов в приложении ARMFEM анализировались результаты.

Так как коэффициент запаса по пределу текучести превышает 1, следовательно, полка не разрушится.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. [www://ascon.ru](http://www.ascon.ru) – Российское инженерное ПО для проектирования, производства и бизнеса.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ПУТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДРОБЕСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ

Росляков Дмитрий Андреевич, магистрант кафедры ТМ, e-mail:dmitry2013ros1@yandex.ru;

Ситников Дмитрий Сергеевич, магистрант кафедры ТМ, e-mail:doob.go@gmail.com

Научные руководители - Буканова Ирина Сергеевна, к.т.н., доцент, e-mail:ir-bis68@mail.ru

Ятло Иван Иванович, к.т.н., доцент, e-mail:ij-alt@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Данная статья посвящена контролю и улучшению параметров дробеструйной обработки. В статье рассматриваются следующие основные положения: процесс дробеструйной обработки; виды дробеструйной обработки; параметры дробеструйной обработки; виды дроби применяемой при дробеструйной обработке; основные направления исследования способов улучшения параметров.

Ключевые слова: дробеструйная обработка, микротвердость, микротрещины, пластическая деформация, упрочнение.

Дробеструйная обработка - механический способ обработки металлических поверхностей с помощью частиц металла. Это процесс холодной обработки, используемый для созда-

ния слоя остаточных напряжений при сжатии и изменения механических свойств металлов. Он включает в себя удар дробью по поверхности с силой, достаточной для создания пластической деформации. Глубина слоя зависит от размера абразивных частиц и мощности оборудования. Специальное оборудование разгоняет дробь до огромных скоростей, и подаёт на рабочую поверхность через сопло дробеструйной установки. Таким образом, с металла снимается лишний слой, а также упрочняется поверхность, предотвращая появление микротрещин на поверхности.

Процесс дробеструйной обработки носит хаотический характер, так как невозможно управлять дробью в процессе обработки. Это обусловлено тем, что дробь при помощи потока сжатой среды, газа или жидкости, находящейся под давлением, подается на деталь. Контролировать скорость и направление каждой дробинки при этом невозможно, в результате чего, обработка происходит неравномерно на поверхности обрабатываемой детали. Однако даже при таком процессе мы можем контролировать некоторые параметры обработки.

Существуют различные методы дробеструйной обработки, позволяющие изменять процесс и результат обработки.

Методы обработки подразделяют на две группы - обработка сухой дробью и обработка дробью с СОЖ. При дробеструйном (ДУ), пневмодинамическом (ПДУ) и дробеметном (ДМУ) упрочнении детали обрабатывают сухой дробью, эти методы называют дробеударными. Существуют следующие разновидности гидродробеударной обработки, обеспечивающей упрочнение дробью с СОЖ: гидродробеструйная (ГДУ), гидродробеструйнаяэжекторная (ГДЭУ), гидродробеметная (ГДМУ), упрочнение микрошариками (УМШ).

Использование различных методов обработки кардинально влияет на итоговый результат, а также изменяет процесс дробеструйной обработки, что позволяет влиять на параметры процесса.

Не маловажную роль имеет материал и вид дроби, ниже приведены некоторые из них:

- Стеклогранулы - наиболее экономичный вид дроби, не загрязняющий обрабатываемую поверхность.
- Электрокорундовая дробь - дорогостоящий и эффективный вид абразивного материала, применяется для очистки серьёзных загрязнений.
- Керамическая дробь - редко применяемая, применяется для финишной зачистки металлических поверхностей.
- Пластиковая дробь - применяется для очистки глянцевых деталей, не оставляет следов на материале.
- Чугунная дробь - применяется для очистки металлических поверхностей от ржавчины, налёта, окалин; изготавливается этот абразивный материал из белого чугуна.
- Алюминиевая дробь - применяется для очистки мягких сплавов.
- Стальная дробь - применяется не только для удаления слоя грязи, налёта, ржавчины, но и улучшения характеристик материала.

При использовании разного вида дроби, можно получить различные параметры обработанной поверхности, а также можно управлять самим процессом обработки.

Так при использовании различных видов дроби можно не только очищать и упрочнять поверхность, но и наносить на нее материалы. Продувая дробь через порошок или жидкость, содержащую желаемое поверхностное покрытие, можно наносить его на поверхность. Также можно изготовить дробь с сердцевинкой подходящего материала и внешней оболочкой из желаемого материала, который в процессе обработки наплавится на обрабатываемую поверхность.

Не маловажным является такой фактор, как время обработки. В зависимости от времени обработки, прежде всего, изменяется распределение микротвердости по глубине поверхностного слоя. На рисунке 1 можно наблюдать распределение микротвердости по глубине поверхностного слоя при различной продолжительности дробеструйного упрочнения.

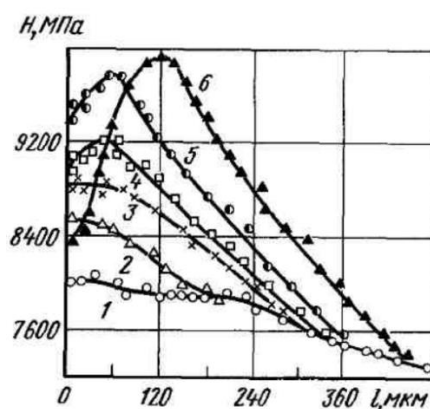


Рисунок 1 - Распределение микротвердости H по глубине поверхностного слоя t стали 12Х2Н4А при различной продолжительности обработки 1 - исходное состояние; 2 - 0,5 мин.; 3 - 1,0 мин.; 4 - 1,5 мин.; 5 - 2 мин.; 6 - 4 мин.

В данный момент проводится исследование, основанное на данной статье. Взяв за основу ранее известные исследования, поставлены задачи для дальнейшей работы. К сожалению, недостаток ресурсов не позволяет провести исследование, используя различные методы обработки и материал дроби. Поэтому исследование направлено на изучение взаимосвязи между временем обработки и распределением микротвердости по глубине поверхностного слоя. Предполагается, что данное исследование поможет выявить взаимосвязь этих параметров, а также на основе этого предложить способы улучшения и контроля параметров. Для проведения исследования выбраны шесть образцов, материал образцов сталь 10, они были обработаны в течение 1, 3, 5, 10 и 15 минут. Также один образец не подвергался обработке, для выявления влияния процесса на материал. Для указанных образцов были проведены замеры шероховатости, а в настоящее планируется исследование микротвердости.



Рисунок 2 - Образцы, используемые в исследовании

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием, 1987. Shotpeening [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Shot_peening.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СВЕРЛЕНИЯ В ДЕТАЛЯХ ИЗ УГЛЕПЛАСТИКА

Селюк Сергей Иванович, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,
e-mail:selyuk_s@icloud.com

Научный руководитель - Некрасов Вячеслав Николаевич, к.т.н., доцент, e-mail:sla44@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе рассмотрены вопросы актуальности использования композиционных материалов в конструкциях машин и приборов, проведено сравнение свойств деталей из углепластика со свойствами изделий из металлов. Выполнена оценка современной технологической подготовки механической обработки углепластика на предприятиях, выделены причины возникновения проблем и дефектов при механической обработке углепластика. Рассмотрены перспективы использования конечно-элементного моделирования при проектировании операции сверления.

Ключевые слова: сверление отверстий, точность, углепластик, композиционный материал, метод конечных элементов.

Композиционные материалы своим уникальным комплексом свойств, безусловно, превосходят традиционные стали, алюминиевые и титановые сплавы, поскольку обладают широким комплексом тепло и электрофизических характеристик, особой прочностью, а также многофункциональностью назначения. Углепластики в настоящее время широко используются в различных отраслях промышленности, таких как, строение авиатехники, ракетно-космической техники и автомобилестроение. Из данного материала производят шасси, быстро движущиеся детали, корпус, детали двигателей внутреннего сгорания и отдельные части кузова автомобилей. Использование материала уменьшает массу конструкций, а также снижает расход горюче-смазочных материалов, а также углепластик применяют в судостроении в качестве материала для корпуса и элементов морских судов. В данной области применения ценным является высокая прочность и устойчивость материала к воздействию морской воды [2].

Многочисленность применяемых видов волокон, связующих и видов армирования не позволяет составить рекомендации по обработке каждого из существующих композиционных материалов. Именно поэтому на производстве зачастую приходится отрабатывать режимы резания опытным путем, для этого важно знать отличия особенностей обработки углепластика и металла. Углепластик при обработке режущим инструментом имеет ряд отличительных особенностей. Механическая обработка углепластика сопровождается выделением температуры, при этом если обрабатывать металл, то тепло отводится из зоны резания в инструмент, заготовку и до 90 % уходит в стружку. При обработке углепластика из-за его низкой теплопроводности, большая часть тепла должна уходить инструмент, иначе поверхностный слой заготовки будет подвержен прижогам, деструкции связующего и нарушению целостности [1].

В процессе обработки отверстий в композиционных материалах возможны дефекты, возникающие на входе и выходе сверла в отверстие. Деформация в первую очередь объясняется особенностями силового воздействия режущего инструмента на деталь. На выходе в тело заготовки возможно появление таких дефектов, как – непрорезание и расслоение волокон, а на входе разрыв и расслоение материала. Непрорезанные волокна появляются в основном по причине износа сверла, а другие повреждения, например, деляминацию, можно объяснить высокой осевой силой резания. В основном повреждения, возникающие при сверлении, обусловлены неправильным выбором элементов режима резания. Один из подходов, основан на методе конечных элементов, применяемый в свою очередь для изучения параметров процесса сверления. Метод позволяет выбрать рациональный режим резания, а также позволяет существенно сократить затраты на длительные и дорогостоящие эксперименты [3].

В настоящей работе представлена экспериментальная конечно-элементная модель. Деталь - углепластик марки ВКУ-25 с однонаправленным расположением волокон. Инстру-

мент – сверло Р6М5 с углом при вершине 120° для обработки металлов. На рисунке 1 изображена - Схема контакта заготовки и инструмента в процессе сверления.

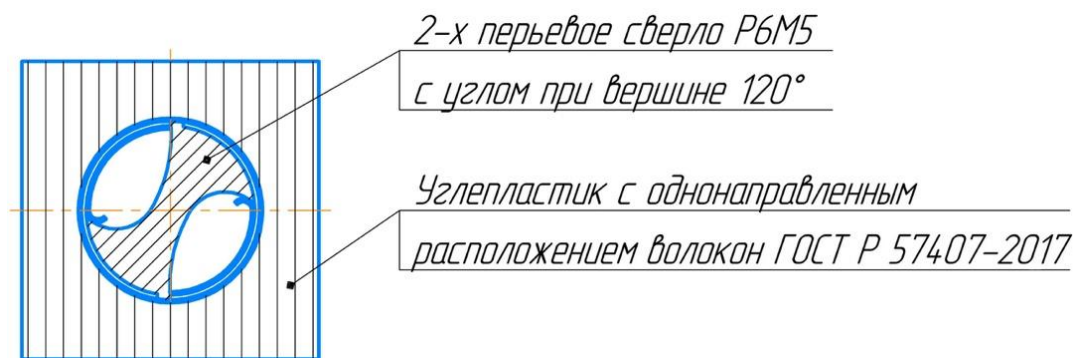


Рисунок 1 - Схема контакта заготовки и инструмента в процессе сверления

При сверлении отверстия в точках контакта, где инструмент располагается перпендикулярно направлению волокон углепластика, диаметр отверстия будет уменьшаться по отношению к диаметру режущего инструмента. Причиной этому является значительная (до 0,06 мм) деформация внутренней поверхности отверстия в процессе резания. В результате обработки из-за неравномерного распределения напряжений и упругих отжатый, получаем эллипсность отверстия рис. 2.

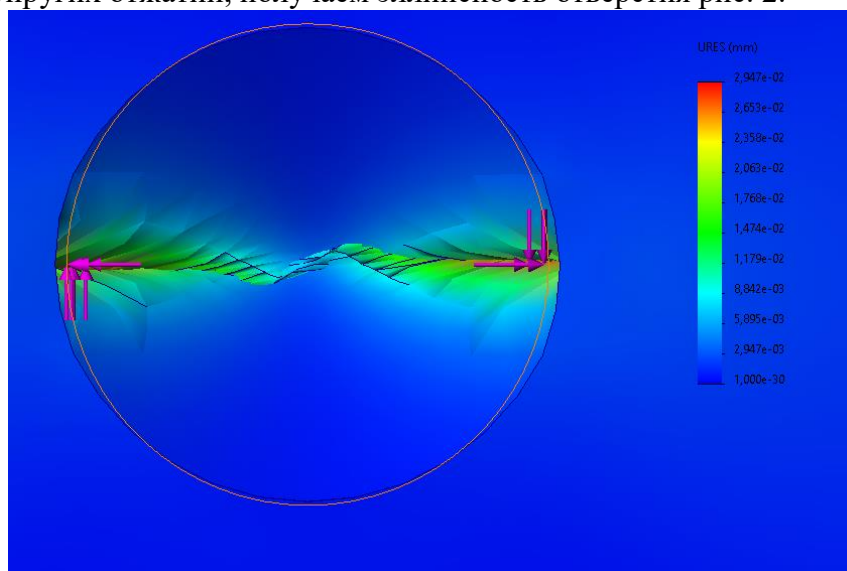


Рисунок 2 - Моделирование деформации в процессе сверления заготовки из углепластика методом конечных элементов

Решением проблемы может стать выбор таких режимов резания, которые обеспечат наименьшую деформацию заготовки, а значит, уменьшится искажение формы профиля отверстия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Буланов И.М., Воробей В.В. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. С. 273-283.
2. Дж. Любина Композиционные материалы, 1988.
3. Савельев К.С. Моделирование процесса сверления композиционного материала методом конечных элементов. Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2022. № 1. С. 16-19.

ИЗМЕРЕНИЕ ТОПОГРАФИИ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОФИЛОГРАФА

Сечкарь Илья Дмитриевич, студент кафедры «Технология машиностроения»,
e-mail:sechkar.2002@gmail.com; Логвиненко Виталий Витальевич, студент
кафедры «Технология машиностроения», e-mail:vitlog2004@yandex.ru

Научный руководитель - Черданцев Алексей Олегович, инженер кафедры «Технология
машиностроения», e-mail:hypertigr@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе предложен метод измерения топографии поверхности. Приведен способ построения измерительного комплекса для получения топографии обработанной поверхности на основе использования профильных измерений. Указаны структурные элементы комплекса, стандартное оборудование, схема его работы. Описано взаимодействие частей программного обеспечения комплекса для составления топографической карты.

Ключевые слова: шероховатость, топография поверхности, измерение шероховатости поверхности.

Топография поверхности оказывает влияние практически на все эксплуатационные свойства деталей [1]. На сегодняшний день оценка параметров шероховатости осуществляется, как правило, по профильным параметрам и для этого используются профилографы-профилометры. Нами был разработан и реализован способ получения топографии поверхности на базе профилографа Hommel Tester W55. Спроектированное устройство (Рисунок 1) позволяет с помощью последовательного съема профилограмм создавать топографическую карту поверхности.



Рисунок 1 – Устройство для профилографа HOMMEL TESTER W55

В состав измерительного комплекса входят профилограф-профилометр Hommel Tester W55, блок питания, модуль управления шаговым двигателем, модернизированный координатный стол с приводом на базе шагового двигателя, вращающим микрометрический винт поперечного перемещения а также специализированное программное обеспечение.

Специализированное программное обеспечение состоит из трех частей. Первая программа управляет работой профилографа и запускается в его операционной системе, она служит для передач команд профилографу на съём профилограмм и отправление команд на пе-

ремещение стола. Вторая часть программного обеспечения является микропрограммой для микроконтроллера и служит для управления шаговым двигателем.

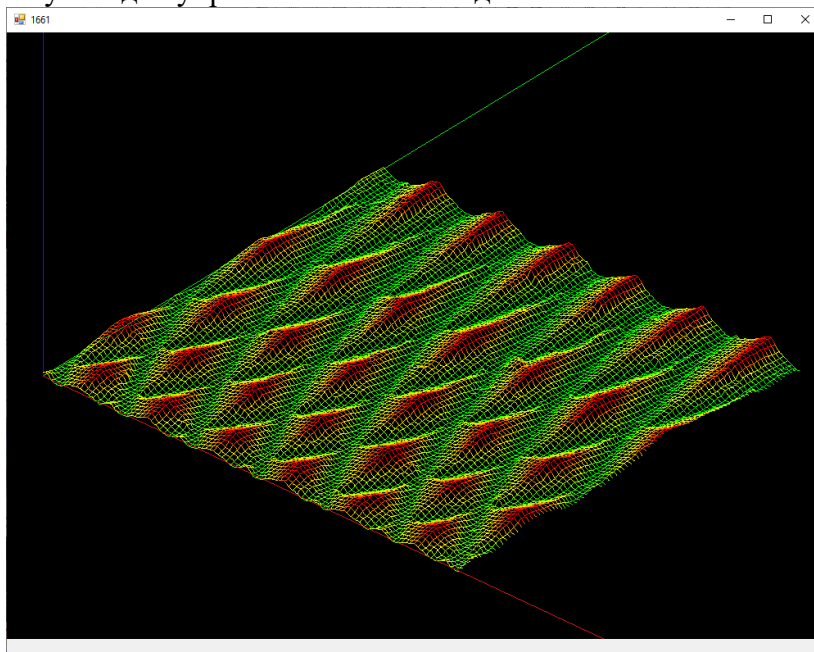


Рисунок 2 – Разработанное программное обеспечение

Третья часть программного обеспечения (рисунок 2) является Windows-приложением которое обрабатывает полученные на профилографе файлы с измеренными профилями и на основе данных содержащихся в этих файлах строит топографическую карту поверхности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хоменко В.А., Черданцев А.О., Леонов С.Л., Некрасов В.Н. Устройство для измерения топографии поверхности на основе профилографа Hommel Tester W55.// 11-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь – 2014» / Алт. гос. тех. ун. им. И.И. Ползунова.- Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2014.

АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАНКОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ, ДОСТУПНЫХ К ПРИОБРЕТЕНИЮ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Ситников Дмитрий Сергеевич, магистрант кафедры «Технология машиностроения», e-mail:doob.go@gmail.com; Росляков Дмитрий Андреевич, магистрант кафедры «Технология машиностроения», e-mail:dmitry2013rosl@yandex.ru

Научные руководители - Буканова Ирина Сергеевна, к.т.н., доцент, e-mail:ir-bis68@mail.ru

Ятло Иван Иванович, к.т.н., доцент, e-mail:iij-alt@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Проведён анализ ключевых характеристик станков для электроэрозионной обработки материалов, доступных к приобретению в Российской Федерации в условиях импортозамещения. Приведены табличные сравнения ключевых характеристик станков для электроэрозионной обработки материалов. Произведён анализ преимуществ и недостатков технологии электроэрозионной обработки материалов. Также произведён анализ материалов электрода-инструмента, используемого при электроэрозионной обработке.

Ключевые слова: электроэрозия, электроэрозионная обработка, ключевые характеристики, электроэрозионные станки, электрод-инструмент.

В основе способа электроэрозионной обработки материалов используются электрические разряды высокой концентрации для формообразования обрабатываемой заготовки пу-

тём разрушения материала (эрозии). Технология обработки материалов электроэрозионным способом даёт возможность изменять форму металлической заготовки, её размеры. Электроэрозионную обработку можно использовать для формирования отверстий, для шлифования, для обработки фасонных поверхностей, для создания деталей сложной формы и так далее.

Станки для электроэрозионной обработки материалов можно разделить на две основные категории по способу погружения обрабатываемого материала в рабочую среду в процессе обработки, например в воду, керосин и т.д.

Погружная обработка. В процессе обработки материала, заготовка полностью находится в рабочей среде. Стоит отметить что, при погружном методе через специальные сопла подаётся рабочая жидкость в зазор между электродом и обрабатываемым материалом в процессе обработки для удаления отходов, образуемых в процессе эрозии.

Струйная обработка. Материал не погружается в рабочую среду. Рабочая жидкость под давлением подаётся непосредственно в зазор, который образуется в процессе обработки между электродом и обрабатываемым материалом. Рабочее пространство (предметный стол с установленной заготовкой) имеет защитный экран, который препятствует распространению брызг и ограничивает доступ оператора в зону обработки. Следует отметить, что достоинством оборудования со струйной подачей является его цена, которая заметно ниже, чем у оборудования такого же класса с погружным методом обработки.

Исходя из опыта использования электроэрозионных станков в производстве, можно сделать вывод, что при равных условиях струйная обработка менее стабильна, менее производительна и менее качественна, (в плане геометрической точности обрабатываемых изделий и шероховатости обработанной поверхности) в сравнении с погружной.

Самые распространённые типы электродов-инструментов (проволоки) изготавливаются из меди и медных сплавов.

Медная проволока имеет высокую электропроводимость и высокую теплопроводность, именно по этой причине она является отличным вариантом для использования в оборудовании с высокой скоростью обработки материалов. Медная проволока имеет высокую устойчивость к коррозии и может применяться для обработки большинства материалов. Медь имеет высокую проводимость IACS100%, именно поэтому первым материалом для проволоки, используемым для электроэрозионной обработки была выбрана медь. Из минусов можно отметить, ограниченную скорость резки медной проволокой и низкую прочность на растяжение: ~220-410 МПа.

Латунная проволока - самый широко используемый тип проволоки, на сегодняшний день, для электроэрозионной обработки. Латунная проволока для электроэрозионной обработки это сплав меди с добавлением цинка. Обычно используется сплав с соотношением содержания меди и цинка Cu/Zn от 63/37 до 65/35. В случае необходимости обработки на высоких скоростях применяют проволоку с содержанием Cu/Zn 60/40. Прочность на растяжение латунной проволоки ~370-1190 МПа, в зависимости от состава сплава.

В конечном итоге, на современном оборудовании чаще всего используется именно латунная проволока в силу своих превосходящих характеристик и доступности.

Подводя итоги, выделим преимущества и недостатки электроэрозионной обработки.

Преимущества:

- Электроэрозионная обработка является универсальной для обработки металлических материалов. Поток разогретой плазмы имеет очень высокую температуру, с помощью которой можно обрабатывать любой металлический сплав. Это и делает электроэрозионный метод универсальным и удобным в эксплуатации.

- Высокое качество обработки поверхностей, толщина пучка ионизированной плазмы имеет размер менее 0,5 мм, поэтому электроэрозионным методом можно добиться высокой точности при обработке изделий любой сложности. Разогретая плазма очень быстро остывает, что позволяет при обработке сохранять края заготовки ровными, без следов расплавления.

- Вариативность выбора режимов обработки. При электроэрозионной обработке используются два основных режима: *электроискровой* используется для разрезания заготовки; *электроимпульсный* применяют для уменьшения шероховатости поверхности.

Недостатки:

- Невозможность обработки диэлектрических материалов. Электрическая дуга, благодаря которой получается плазма с высокой температурой, возникает вследствие контакта электрода-инструмента (проволоки), с поверхностью обрабатываемого материала

- Высокое энергопотребление. Электроэрозионное оборудование обладает высоким энергопотреблением, тем самым увеличивая себестоимость обработки. При электроэрозионной обработке требуется постоянно поддерживать параметры электрического тока.

При табличном сравнении, будем принимать во внимание все вышеизложенные факторы. Будут рассмотрены два станка от лидеров рынка, самой низкой ценовой категории, в двухосевом исполнении, погружного типа. Внешний вид станков участвующих в сравнении представлен на рисунке 1 и рисунке 2.



Рисунок 1 – Электроэрозионный проволочно-вырезной станок погружного типа АРТА 423 ПРО производства НПК «Дельта-Тест»



Рисунок 2 - Электроэрозионный проволочно-вырезной станок погружного типа «Искра-1В ММЗ» производства АО «Марийский машиностроительный завод»

Таблица 1 - Сравнение основных параметров станков для электроэрозионной обработки

Производитель	НПК «Дельта-Тест»	«Марийский машиностроительный завод»
Модель	АРТА 423 ПРО	«Искра-1В ММЗ»
Тип	Погружной	Погружной
Кол-во осей	2	2
Максимальный размер заготовки	420x300x120	700 x 600 x 100
Повторяемость позиционирования по осям	± 1 мкм	± 1 мкм
Достижимая точность обработки на детали	±5 мкм	±10 мкм
Дискретность позиционирования по осям X, Y	±1 мкм	±0,5 мкм
Диапазона возможных к применению диаметров проволоки-инструмента	0,10-0,30 мм	0,06-0,25 мм

Проанализировав характеристики можно сделать вывод, что оборудование для электроэрозионной обработки, разрабатываемое и производимое отечественными компаниями ничуть не уступает зарубежным аналогам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Немилов Е.Ф. Справочник по электроэрозионной обработке материалов. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1989.- 164 с.
2. Фотеев Н.К. Технология электроэрозионной обработки. М., «Машиностроение», 1980г.- 184 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Тосин Дмитрий Юрьевич, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,
e-mail:tosindzz@gmail.com

Научный руководитель - Щербаков Николай Петрович, к.т.н., доцент,
e-mail:olimptm@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Показана актуальность проблемы выбора режущих инструментов при проектировании технологических процессов механической обработки. Рассмотрены вопросы снижения трудоемкости и повышения качества проектных решений при выборе режущего инструмента за счет использования средств вычислительной техники. Приведены возможные способы автоматизации выбора режущих инструментов.

Ключевые слова: автоматизация, выбор, режущие инструменты, качество, трудоемкость.

Актуальной задачей для современных производств является оптимизация и автоматизация труда. Это так же относится и к работе технолога, необходимо сокращать время на выполнение рутинной работы и перенаправить его на более творческую деятельность.

Один из базовых этапов при проектировании технологического процесса это выбор правильного режущего инструмента [1]. На сегодняшний день рынок режущих инструментов переполнен передовой, постоянно обновляющейся базой продукции. Каждый производитель, создавая конкуренцию, на рынке предлагает свою продукцию различной конфигурации со своими уникальными параметрами.

Значительно ускорить и упростить этот процесс позволит применение компьютерных технологий. На данный момент для повышения своей конкурентоспособности, большинство крупных компаний разработали инструменты приложения для автоматизации выбора инструмента, со своими достоинствами и недостатками. Приложения для автоматизированного поиска, исходя из их функционала и их назначения, можно разбить на несколько групп:

- калькуляторы и конвекторы величин - приложения для расчётов;
- справочники-помощники для подбора инструмента и расчета параметров резания;
- приложения для оценки, сравнения и подбора аналогов.

Рассмотрим отличительные особенности и примеры каждой из групп.

Программы способные произвести расчёт режимов резания, параметров режущего инструмента и способные конвертировать различные величины относятся к калькуляторам и конвертерам величин. Одним из наиболее известных примеров, относящихся к этой группе, является «Sandvik Coromant Turningcalculator». Программы отличаются универсальностью.

Программы, обладающие функционалом калькуляторов, и при этом способные произвести не только расчет, но и подбор инструмента под конкретный тип обработки по вводным данным, относятся к группе справочников помощников. Представителем этой группы является программа компании «Iscar».

Существенным недостатком этих групп является невозможность произвести сравнение между подобранными вариантами и то, что при выборе инструмента не осуществляется экономический анализ и уровень соответствия параметров режущего инструмента вводным данным. Приложения условно способные решить данную задачу относятся к группе приложений для оценки, сравнения и подбора аналогов. Приложения этой группы способны выполнить подбор аналогов по уже выбранным параметрам. Представитель этой группы «WalterInsert Converter».

Общими недостатками групп этих приложений являются отсутствие возможности сравнения продукции разных компаний, отсутствие интеграции между автоматизированной системой выбора и САПР, неполная русификация.

Настоящие исследования посвящены поискам решений данных проблем.

В начале разработки системы автоматизированного выбора инструмента необходимо определить вводные параметры для осуществления подбора и этапы выбора инструмента (рисунок 1).

Основными вводными параметрами при выборе режущего инструмента: тип операции, материал заготовки, поверхность обработки, качество поверхности детали.

В соответствии с каталогами изготовителей можно выявить основные этапы определения параметров инструмента.

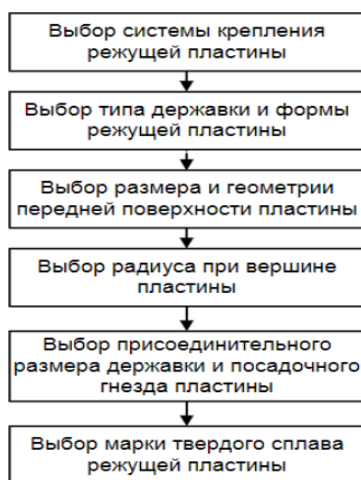


Рисунок 1 – Основные этапы выбора режущего инструмента

По предварительным расчетам данная система позволит увеличить производительность работы инженера - технолога на 30%. Применение автоматизированной системы выбора режущего инструмента снимет часть рутинной работы и даст возможность инженеру - технологу оптимизировать и ускорить свой рабочий процесс, что приведет в свою очередь к экономической выгоде предприятия.

Выбор режущего на основе каталогов не только занимает много времени, но и далеко не всегда является верным и наиболее рациональным. Система автоматизированного выбора способна в более короткие сроки охватить огромную базу данных и подобрать наиболее соответствующие заданным параметрам инструменты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов. Учебник для вузов по спец. «Технология машиностроения»/С.Н. Корчак, А.А. Кошин, А.Г. Ракович, Б.И. Сеницын; Под общ. ред. С.Н. Корчака. – М.: Машиностроение, 1988. – 352с.

СИСТЕМА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ВЫБОРА ТОКАРНОГО ИНСТРУМЕНТА

Травина Анжелика Владимировна, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,
e-mail:travina.anzhelika@yandex.ru

Научный руководитель - Леонов Сергей Леонидович, д.т.н., профессор,
e-mail:sergey_and_nady@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Классические методы выбора инструмента предполагают использование баз данных в сочетании с рекомендациями, предлагаемых производителями инструмента. Выбор инструмента по рекомендациям его производителей не всегда позволяет обоснованно сравнить инструменты по экономическим критериям, его стойкости и качеству обработки. Использование системы искусственного интеллекта в сочетании с базами данных позволяет учесть и обобщить положительный опыт применения инструментов, гарантируя качество обработки и экономическую эффективность его использования.

Ключевые слова: режущий инструмент, технологический процесс, искусственный интеллект, искусственная нейронная сеть, логистическая регрессия, нейрон.

Под искусственным интеллектом в России понимается комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека [1]. Новая прикладная область математики, специализирующаяся на искусственных нейронных сетях, в последнее десятилетие активно изучается и развивается. Актуальность исследований в этом направлении связана с тем, что искусственный интеллект все больше и сильнее входит в привычную жизнь человека. Разработки позволяют компаниям получать желаемые цели с меньшими временными и денежными затратами, а также быстро принимать решения.

В статье рассматривается применение искусственного интеллекта для решения задачи оптимального выбора режущего инструмента, используемого для токарной обработки. Для построения системы искусственного интеллекта используется алгоритм машинного обучения - логистическую регрессию, особый вид нелинейной зависимости.

Логистическую регрессию называют искусственным нейроном, который имитирует работу живой нервной клетки. Следовательно, принцип работы регрессии аналогичен.

В программе Excel в виде таблицы составлена обучающая выборка - база данных токарного инструмента. Обучающая выборка состоит из обучающих данных в сочетании с решениями, которые помогут нейронной сети обобщить всю информацию в соответствующую

связь вход – выход [2]. Чем больше обучающих данных, тем точнее и качественней аппроксимация.

В таблице отражены параметры, влияющие на выбор токарного инструмента, а именно:

- тип детали;
- габариты детали;
- материал детали;
- вид станка;
- вид обработки;
- тип обработки;
- шероховатость обрабатываемой поверхности.

Вышеуказанные параметры будут являться входными данными. Выходными данными - токарный инструмент, а именно державка с подходящей к ней пластиной. Для каждого элемента данных имеется свой собственный вход, который умножается на некий коэффициент. Каждое произведение суммируется. Далее, для формирования выходного сигнала используем функцию активации, а именно логистическую функцию. Ее особенность заключается в выдаче значений, тяготеющих к 0 или 1.

Метод поиска коэффициентов – метод наименьших квадратов. Поиск коэффициентов в соответствии с методом наименьших квадратов сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений, которую легко решить, например, методом Гаусса. Время расчета коэффициентов – доли секунды.

Рассмотрим пример обучения. На рисунке 1 приведен фрагмент базы данных токарного инструмента.

№ п/п	Наименование детали	Габариты детали, мм	Материал детали	Материал HRC	Вид обработки (подрезка торца; точение наружное цилиндрическое на проход; точение наружное цилиндрическое с уступом; точение наружное цилиндрическое с обработкой скоса)	Тип обработки (получистовая, чистовая)	Шероховатость обрабатываемой поверхности, мкм	Наименование оборудования	Державка	Пластина
1	Корпус	Ø 75×180	06X14H6ДМБТ-Ш	37,5 - 41,5	подрезка торца	получистовая	Ra 2,5	DL - 25MH	DWLN 2020-K08	WNMG 080404 - MP (PC 8110)
2	Кольцо	Ø110×40	30ХГСА	35,5 - 40,5	точение наружное цилиндрическое на проход	чистовая	Ra 1,25	Schaublin 225	SSSCR 1616-H09	SCMT 09T304 - HMP (PC 5300)
3	Кольцо	Ø110×40	30ХГСА	35,5 - 40,5	точение наружное цилиндрическое с уступом	чистовая	Ra 1,25	Schaublin 225	SDJCR 1616-H11	DCMT 11T302-HMP (PC 5300)
4	Кольцо	Ø110×40	30ХГСА	35,5 - 40,5	подрезать торец	чистовая	Ra 1,25	Schaublin 225	SDJCR 1616-H11	DCMT 11T302-HMP (PC 5300)
5	Гребенка	Ø300×87	AK8-T1	без т об	точение наружное цилиндрическое на проход	чистовая	Rz 20	CKE 61100M	DWJNR 2525-M16	WNMG 160404-HA (H01)
6	Гребенка	Ø300×87	AK8-T1	без т об	подрезка торца	получистовая	Rz 20	CKE 61100M	DWLN 2525-M08	WNMG 080404-VM (PC 5300)
7	Фланец	Ø190×48	30ХГСА	35,5 - 40,5	точение наружное цилиндрическое с уступом	получистовая	Rz 20	DL - 25MH	DWLN 2020-K06	WNMG 060404 - HA (PC 5300)
8	Фланец	Ø190×48	30ХГСА	35,5 - 40,5	точение наружное цилиндрическое на проход	получистовая	Rz 20	DL - 25MH	DWLN 2020-K06	WNMG 060404 - HA (PC 5300)
9	Фланец	Ø190×48	30ХГСА	35,5 - 40,5	подрезка торца	получистовая	Rz 20	DL - 25MH	DWLN 2020-K06	WNMG 060404 - HA (PC 5300)
10	Фланец	Ø190×48	30ХГСА	35,5 - 40,5	точение наружное цилиндрическое с обработкой скоса	получистовая	Rz 20	DL - 25MH	SDJCR 2020-K11	DCMT 11T302-HMP (PC 5300)

Рисунок 1 - База данных токарного инструмента

Для обучения и проведения расчетов, входные и выходные данные кодируются. Каждому обозначению соответствует определенный числовой код. Например, материал детали имеет следующие коды: 1 – 30ХГСА, 2 – АК8-Т1 и т.п. Остальные параметры кодированы подобно. Данные, указанные в 2 – 9 столбцах, являются входными. В качестве результата рассмотрим форму пластины, первая буква в маркировке. В базе данных обладают наибольшим количеством пластины с формой «W» (неправильный шестиугольник с углом 80°). Поэтому выберем пластину этой формы. Таким образом, прогнозируемая переменная Y означает - соответствует ли определенный набор входных данных пластине с формой «W»: «1» означает «Да», а «0» - «Нет».

На рисунке 2 изображены результаты логистической регрессии. На рисунке обозначения $x_1, x_2 \dots x_8$, Y_1 – это заданные параметры; Y_{1-12} – информация о форме пластины, если форма «W», то указана «1», а если не формы «W», то «0». Коэффициенты $a_0, a_1 \dots a_8$, Alfa рассчитаны методом «Подбором параметров» в Excel.

Решая систему линейных уравнений, находим значения: S – сумматор и Y_{1-12} – функция активации. В результате проведенного анализа выяснилось, что данные, получен-

ные расчетным путем со значениями Y1_12~ равны фактическим значениям Y1_12. Качество аппроксимации высокое.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	Y1	Y1_12	S	Y1_12~
Корпус	78	180	0	39,5	1	2	2,5	1	12	1	9,3731681	1
Кольцо	110	40	1	38	2	3	1,25	2	4	0	-14,611712	1,483E-77
Кольцо	110	40	1	38	3	3	1,25	2	7	0	-17,120251	9,578E-91
Кольцо	110	40	1	38	1	3	1,25	2	7	0	-12,103173	2,297E-64
Гребенка	300	87	2	0	2	3	5	3	11	0	-9,6442319	1,952E-51
Гребенка	300	87	2	0	1	2	5	3	12	1	1,0380696	0,9999965
Фланец	190	48	1	38	3	2	5	1	12	1	1,5674048	1
Фланец	190	48	1	38	2	2	5	1	12	1	4,0759441	1
Фланец	190	48	1	38	1	2	5	1	12	1	6,5844833	1
Фланец	190	48	1	38	4	2	5	1	7	0	-0,9411345	1,126E-05
	Диаметр	длина	Сталь	Твердость	Вид обработки	Тип обработки	Ra	Оборудование	Форма			
a0	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8				
8,7582647	-0,0170878	0,0745871	3,5145622	0,1161196	-2,508539275	-8,173762218	2,2521032	-2,838834805				
Alfa												
12,107053												

Рисунок 2 – Результаты логистической регрессии

Анализ данных показывает, что логистическая регрессия из 16 записей, имеющих пластину формы «W», выдала одну ошибку.

В целом предлагаемый алгоритм для выбора токарного инструмента показал свою работоспособность. Построенная программа значительно ускорит процесс выбора токарного инструмента, а вместе с тем сократит затраты и сроки самой технологической подготовки производства к выпуску новых изделий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Министерство экономического развития Российской Федерации. Развитие искусственного интеллекта [Электронный ресурс]: Официальный сайт Минэкономразвития России: URL: https://www.economy.gov.ru/material/departments/d01/razvitie_iskusstvennogo_intellekt_a/?ysclid=lg05r8tyav596207266 (дата обращения: 03.04.2023).

2. Нейронные сети. Обучающие наборы данных для нейронных сетей [Электронный ресурс] // Статья. 2020. 7 февраля URL: <https://radioprogram.ru/post/792> (дата обращения: 03.04.2023).

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Угрюмов Михаил Юрьевич, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,
e-mail: ugrumovmihail1@gmail.com

Научный руководитель - Маркова Маргарита Ивановна, к.т.н., доцент,
e-mail: margarita-markova@inbox.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе проведен анализ номенклатуры деталей матрица, выпускаемых на машиностроительном предприятии города. Все матрицы были скомплектованы по форме и типоразмеру. Сформулированные требования по установке деталей позволили создать И-или-граф на проектирование технологической оснастки. В результате синтеза или-вершин спроектирована 3D модель технологического приспособления.

Ключевые слова: технологическая оснастка, проектирование технологических приспособлений, И-или-граф.

Редукторы баллонные (рисунок 1) применяются при отборе газа из баллона. Баллонные редукторы выпускаются в стандартном, малогабаритном или миниатюрном исполнении.

Большинство деталей газового редуктора имеет сложную конфигурацию, их невозможно механически обработать. Такие детали изготавливаются методом штамповки.



Рисунок 1 – Газовый редуктор

Обработка металла давлением на данный момент является широко распространенной и прогрессивной технологией. Она позволяет получить заготовки различной номенклатуры с минимальной металлоемкостью и высокой точностью. Заготовки, полученные таким способом приближены к форме деталей, что повышает коэффициент использования металла и минимизирует затраты на механическую обработку.

Основной деталью пресс-формы является матрица. Она участвует в формообразовании наружной поверхности изделия. Форма, размеры и конструкция матрицы определяются конструкцией самого изделия. Для изготовления матриц применяются методы механической обработки.

Для снижения трудоемкости производственного процесса предприятие переходит на изготовление матриц на автоматизированном оборудовании. Разнообразие матриц по форме и типоразмеру затрудняют процесс их установки на станке. Время наладки приспособления на станке является достаточно большим. А при обработке матриц различного типоразмера возрастает время на установку заготовки (детали) в приспособление. Для сокращения времени на наладку приспособления и установку деталей для их обработки на металлорежущем оборудовании необходимо спроектировать технологическую оснастку, которая позволит устанавливать детали различного типоразмера.

Для этого проведен анализ номенклатуры изделий и сформирована комплектация матриц по форме и типоразмеру (таблица 1) [1]. Для проектирования технологической оснастки были сформулированы требования по установке деталей (таблица 2) [2].

Таблица 1– Комплектация матриц по форме и типоразмеру

Матрицы прямоугольные		
Группа	Длина \times Ширина	Наименование
I	260 \times 260	1. Матрица 1533 2. Матрица 1871
II	315 \times 315	1. Матрица 1755 2. Матрица 833
III	320 \times 320	1. ПФ 1262 2. Матрица 1156
Матрицы цилиндрические		
Группа	Диаметр	Наименование
I	140	1. Матрица 1515 2. Матрица 855 3. Матрица 830 4. Матрица 1172
II	200	1. Матрица 677 2. Матрица 1198 3. Матрица 1515 4. Матрица 1161

Таблица 2 – Требования по установке деталей

№	Наименование требования	Значение
1	Удержание заготовки при обработке	Плита Кронштейн
2	Обеспечение требуемой жесткости	Крепежные детали
3	Привод зажимного элемента	Шаговый электродвигатель Линейный электродвигатель Пневматический цилиндр
4	Возможность закрепления заготовок различных размеров	Координатный угол Цилиндрическая опора Самоустанавливающаяся опора Подводимая опора

По требованиям по установке деталей был составлен И-или-граф на проектирование технологической оснастки (рисунок 2) [3].

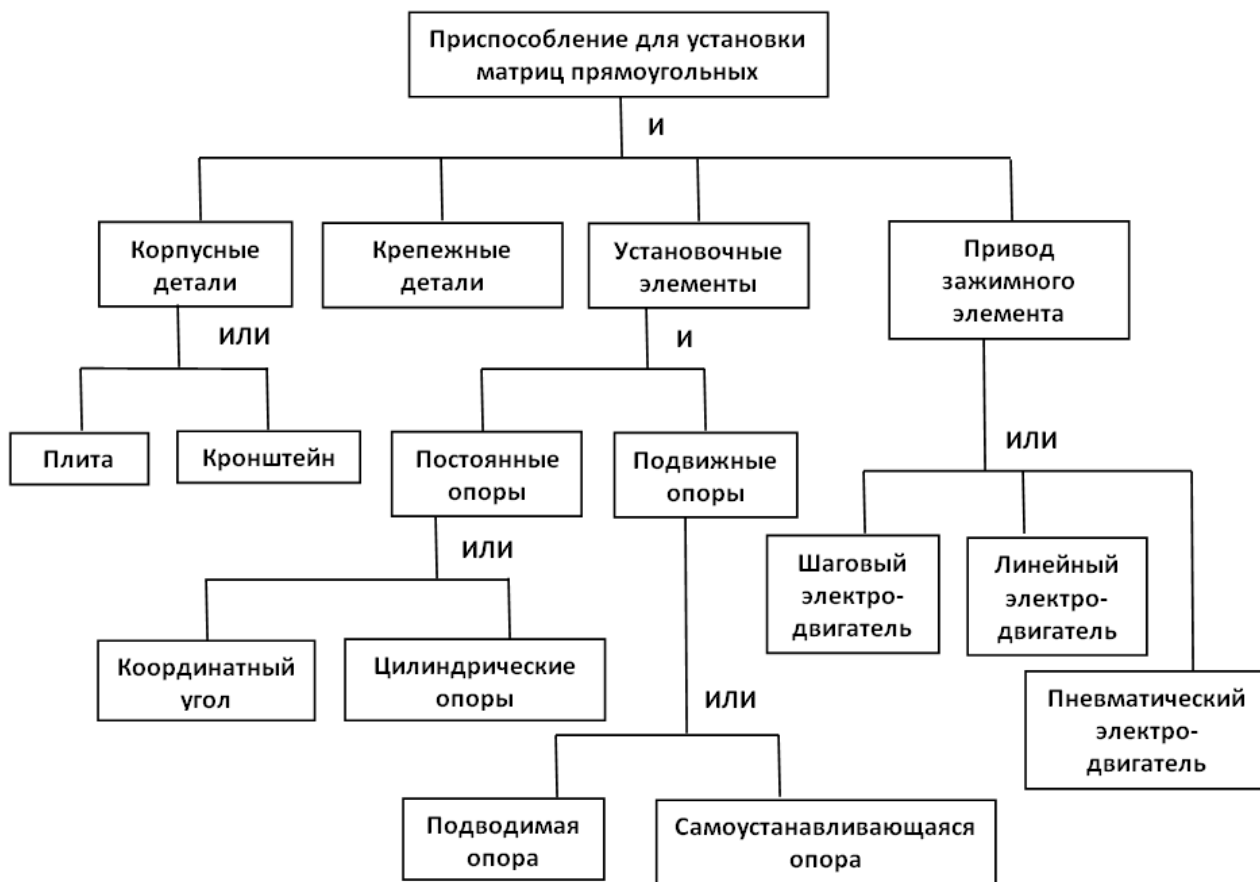


Рисунок 2 – И-или-граф на проектирование технологической оснастки

В результате синтеза решений И-или-графа выбрано одно из решений и спроектирована 3D модель технологического приспособления (рисунок 3) [4].

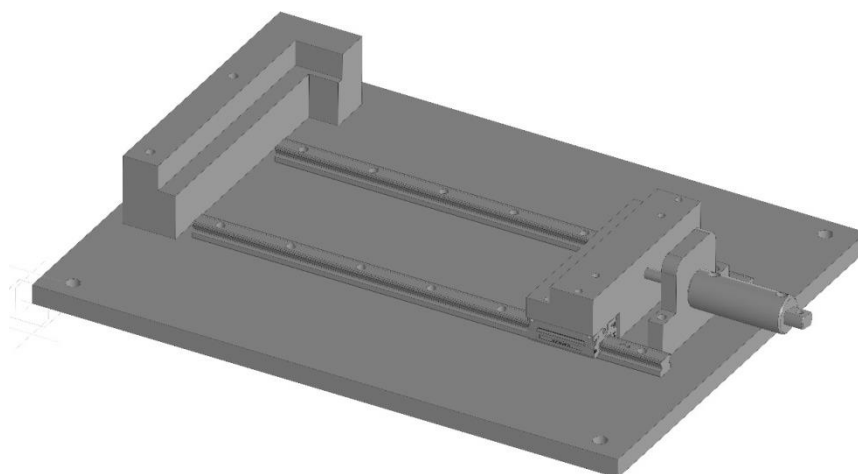


Рисунок 3 – Приспособление для установки матриц прямоугольных

Спроектированное технологическое приспособление позволяет устанавливать матрицы различных типов размеров, а также уменьшает подготовительно-заключительное время на операции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Маслов А.Р. Зажимные устройства технологической оснастки: учебное пособие для СПО / А.Р. Маслов, Е.Г. Тивирев. – Саратов, Москва: Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 59 с. – ISBN 978-5-4488-0988-0, 978-5-4497-0849-6. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/102237.html> (дата обращения: 29.03.2023). – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – DOI: <https://doi.org/10.23682/102237>
2. Завистовский С.Э. Технологическая оснастка: учебное пособие / С.Э. Завистовский. – Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2015. – 144 с. – ISBN 978-985-503-467-5. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/67751.html> (дата обращения: 29.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей - DOI: <https://doi.org/10.23682/67751>
3. Татаркин Е.Ю. Методы творчества: учебное пособие / Е.Ю. Татаркин, А.М. Марков, А.А. Ситников – Барнаул: Изд-во Алтайского гос.техн. ун-та им. И.И. Ползунова, 1998. – 84 с.
4. Блюменштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки: учебное пособие / В.Ю.Блюменштейн, А.А.Клепцов. – Лань, 2021.–220 с.

ОБЗОР СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Фёдорова Валерия Александровна, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,
e-mail:lera.fedorova2000@mail.ru

Научный руководитель - Леонов Сергей Леонидович, д.т.н., профессор,
e-mail:sergey_and_nady@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Машиностроительное производство испытывает постоянно возрастающую потребность в высокоэффективных системах автоматизированного проектирования технологических процессов. Рассматриваются системы автоматизированного проектирования технологических процессов «Вертикаль», «ТехноПро», «Спрут ТП». Появляется необходимость создания автоматизированной системы для работы с технологической документацией на основе MS Excel для внутреннего использования на предприятии.

Ключевые слова: база данных, технологическая документация, система автоматизированного проектирования, технологические процессы, конструкторская документация.

На некоторых предприятиях машиностроительного назначения оснастка для станков производится на этом же предприятии. Иногда такие предприятия производят приспособления на заказ другим заводам.

Количество технологической документации на производстве растет, но затруднен поиск и хранение таких документов. Остро стоит проблема повышения эффективности поиска и хранения технологической документации. Существующие программы, которые используются для этого, обладают большими возможностями в плане разработки, хранения, поиска и сопровождения документации. Однако не все эти возможности в полной мере востребованы. Кроме того, стоимость приобретения таких программных пакетов весьма значительна. Поэтому имеет смысл создания собственной разработки, ориентированной на хранение и поиск технологической документации.

Для создания, хранения и редактирования технологических процессов на предприятиях используются различные системы автоматизированного проектирования (САПР) технологических процессов (ТП). Такими системами являются «Вертикаль» производство Аскон, «ТехноПро» производство Вектор-Альянс, «Спрут ТП» производство ООО «Центр Спрут ТП» [1]. Для того чтобы понимать целесообразность разработки системы, необходимо сравнить все варианты.

САПР ТП «Вертикаль» предназначена для автоматизации процессов технологической подготовки производства.

Система «Вертикаль» позволяет:

- проектировать технологические процессы в нескольких автоматизированных режимах;
- формировать все необходимые комплекты технологической документации, используемые на предприятии;
- рассчитывать материальные и трудовые затраты на производство;
- поддерживать актуальность технологической информации с помощью процессов управления изменениями;
- вести параллельное проектирование сложных и сквозных технологических процессов группой технологов в реальном режиме времени;
- обеспечивать инженерный документооборот в части заявок на проектирование средств технологического оснащения.

Лицензия на право использования программного обеспечения: САПР ТП Вертикаль составляет 84 900 рублей [2].

«ТехноПро» полностью автоматизирует процесс технологической подготовки производства, включая проектирование технологий, технологические и экономические расчеты, получение документации и отчетов. На базе конструкторской документации ТехноПро можно вести базу состава изделий и спецификаций предприятия, а также изменения в конструкторской документации (КД).

Система «ТехноПро» позволяет:

- вести базу конструкторской документации и изменения в КД;
- проектировать технологические процессы любого вида технологий;
- возможность формирования сквозных ТП и/или по технологическим маршрутам;
- возможность многопользовательской работы в одном ТП;
- расчет технологических и экономических параметров;
- формирование комплекта технологической документации в необходимых формах;
- настройка и подключение требуемого списка документации в нужных вам формах;
- ведение базы данных оборудования, инструментов, материалов и т.п.;
- ведение базы данных таблиц и алгоритмов для расчета параметров;
- формирование параметрических технологий для максимального упрощения работы [3].

Стоимость системы «ТехноПро» приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Стоимость системы ТехноПро»

Наименование	Цена
Пакет «Базовый» для новых пользователей	39 800 рублей
Пакет «Максимальный» для новых и действующих пользователей	81 360 рублей
Пакет «Для малых предприятий»	35 900 рублей
Пакетное предложение для учебных заведений	Лицензии ПО предоставляются бесплатно, оплачивается стоимость аппаратного ключа (9 000 - 15 000 рублей в зависимости от количества лицензий)

Система «СПРУТ-ТП» предназначена для автоматизации разработки и нормирования технологических процессов.

Возможности системы:

- разработка и нормирование технологических процессов;
- выпуск технологической документации согласно единой системе технологической документации (ЕСТД);

- ведение нормативно-справочной информации;
- управление процессом разработки, согласования и утверждения ТП;
- подготовка сводных данных по материальным затратам и трудоёмкости на заказ;
- подготовка и передача данных для систем планирования производств и управления ресурсами [4].

Стоимость системы «СПРУТ-ТП» приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Стоимость конфигураций «СПРУТ-ТП»

Наименование конфигурации	Стоимость
СПРУТ-ТП «Классика» Менеджер проектов + Конструкторская спецификация + Материальное нормирование + Комплекты документов ТП: механообработка, сборка + Файловое хранилище	65 000 рублей
СПРУТ-ТП «Стандарт» СПРУТ-ТП «Классика» + «Разулование + Применение ТП» + Комплекты документов ТП: механообработка, сборка, сварка, покрытия, штамповка, литье, пайка, пластмасс и резины,ковка, термообработка, печатные платы + шаблоны ТП + типовые/групповые ТП	75 000 рублей
СПРУТ-ТП «Руководитель» СПРУТ-ТП «Стандарт» + «Массовое создание ТП + Планирование (назначение) ТП» + «Сводные ведомости + Аналитика»	110 000 рублей
СПРУТ-ТП «Эксперт» СПРУТ-ТП «Руководитель» + «Менеджер ресурсов» + «Генератор бланков документов» + СПРУТ (среда программной разработки) + СПРУТ-ЭксПро (система экспертного программирования) + Исходные коды СПРУТ-ТП	190 000 рублей
СПРУТ-ТП «Спецификация» Менеджер проектов + Конструкторская спецификация	40 000 рублей
СПРУТ-ТП «Просмотр» Менеджер проектов + Просмотр и печать комплектов документов	15 000 рублей
СПРУТ-ТП «Администратор» Средства администрирования: установка прав доступа, паролей, состояний документов + настройка конфигураций рабочих мест + администрирование БД, резервное копирование	60 000 рублей
СПРУТ-ТП «Менеджер ресурсов» Создание, редактирование справочников, права доступа к справочникам	35 000 рублей
СПРУТ-ТП «Генератор бланков документов» Создание, редактирование бланков форм документов	20 000 рублей

Организация электронного документооборота требует использование специального программного обеспечения для хранения и поиска технологической документации.

Существующие САПР позволяют решить эту задачу, но высокая стоимость ограничивает их применение. В соответствии с этим необходима разработка системы для хранения и автоматизированного поиска технологической документации.

Большая номенклатура изделий ООО УК «Алтайский завод прецизионных изделий» приводит к необходимости хранения значительного количества документации для сопровождения технологического процесса.

На предприятии Алтайского завода прецизионных изделий («АЗПИ») для поиска файлов с ТП, просмотра и редактирования технологических процессов планируется разработка автоматизированной системы на основе MS Excel.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бурдо Г.Б. Автоматизация технологических процессов и производств [Текст]/ Г.Б. Бурдо и др. - Старый Оскол, Белгородская обл.: ТНТ, 2013. - 279 с.
2. Компания АСКОН. Вертикаль. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ascon.ru/products/420/review/>.
3. Автоматизация технологической подготовки производства в ТехноПро. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tehno.pro/abouttehno.pro/>.
4. СПРУТ-ТП: Система Автоматизированного Проектирования и Нормирования Технологических Процессов (САПР ТП). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sprut.ru/sprut-tp/?ysclid=latp9ox012366911064>.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕЗА ПРИ ЛАЗЕРНОМ РАСКРОЕ МАТЕРИАЛА

Фещенко Сергей Алексеевич, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,
e-mail:s.feshenko99@list.ru

Научный руководитель - Балашов Александр Владимирович, зав. кафедрой «Технология
машиностроения», к.т.н., доцент, e-mail:bavagtu@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Описано оборудование для лазерной резки листовых материалов. Рассмотрена методика проведения экспериментальных исследования для определения качества реза боковых пластин приводных роликовых цепей. Экспериментально определены точность размеров и формы обработанных стальных деталей, шероховатость поверхностей. Выполнена оценка достижения заданного качества боковых пластин приводных роликовых цепей.

Ключевые слова: лазерная резка, точность размера, точность формы, шероховатость, качество реза

В настоящее время на машиностроительных предприятиях широко применяется лазерная резка материалов. Для изготовления ряда изделий без применения дополнительной механической обработки, например, звеньев приводных цепей, необходимо обеспечение точности размеров и шероховатости обработанных поверхностей лазерной резкой.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова совместно с Барнаульским заводом цепей провел оценку качества реза наружных пластин приводных роликовых цепей, рисунок 1.

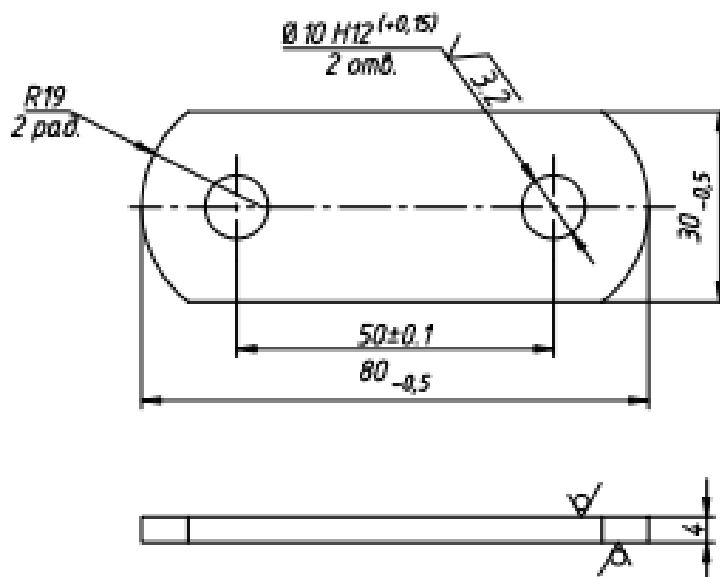


Рисунок 1 – Наружная пластина роликовой цепи

Пластина изготавливается из листовой стали 45 толщиной 4 мм на установке лазерной резки TruLaser 3030 4kw на следующих режимах реза, рекомендованных производителем станка: мощность излучения - 4 кВт; скорость реза – 80 м/мин. Расстояние от среза сопла до плоскости листа устанавливалось и автоматически поддерживалось с помощью емкостного датчика. Диапазон размера зазора в режиме слежения составлял $100 \div 2000$ мкм. На установке для лазерной резки было изготовлено 50 пластин.

Основной задачей исследований являлось установление режимов реза, обеспечивающих заданной качество пластин роликовых цепей без дополнительной механической обработки.



Рисунок 2 – Общий вид станка TruLaser 3030 4kw

Объекты исследований и контролируемые параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Объекты экспериментальных исследований и контролируемые параметры.

Объект исследований	Параметр
Заготовка	Материал
	Толщина
Процесс резания	Скорость резания
	Давление газа
	Мощность оптоквантового генератора
Деталь	Точность диаметального размера
	Точность межосевого расстояния
	Шероховатость обработанных поверхности
	Гарт

Диаметры отверстий измерялись трехточечным нутромером 10-12 0,001 у/к МИК. Колебание диаметральных размеров составило 62 мкм, среднеквадратическое отклонение – 10 мкм. Размеры распределены по закону Гаусса.

Измерение межосевого расстояния выполнялось на координатно – измерительной машине Carl Zeiss Contura G2, рисунок 3.



Рисунок 3 – Измерение межосевого расстояния

Колебание диаметральных размеров составило 68 мкм.

На кругломере Roundtest RA-10 Mitutoyo производилось измерение отклонения от круглости. В результате измерений получена круглограмма и определено, что отклонение от круглости составляет 0,061 мм, рисунок 4.



Рисунок 4 – Измерение отклонения от круглости

Шероховатость реза измерялась на профилографе-профилометре HOMMEL TESTER W55, рисунок 5.



Рисунок 5 – Измерение шероховатости реза

Шероховатость поверхности различных резов колеблется от 0,62 до 071 мкм по параметру Ra.

Гарт на изготовленных пластинах не обнаружен.

Таким образом, исследования показали, что требуемая точность размеров и качество поверхностей реза боковых пластин роликовых приводных цепей может обеспечиваться лазерной резкой, без последующей механической обработки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Данилов В.И., Зуев Л.Б., Кузнецова Н.И., и др. Особенности лазерной резки листовой стали и мониторинг качества образцов после лазерного воздействия. Прикладная механика и техническая физика, №4, 2006, С. 176-184.

ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА «КОРОБКА ОТБОРА МОЩНОСТИ»

Хлопунова Анастасия Александровна, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,
e-mail:khlopunova.an@yandex.ru

Научный руководитель - Маркова Маргарита Ивановна, к.т.н., доцент,
e-mail:margarita-markova@inbox.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе представлена методика проведения функционально-стоимостного анализа для технического объекта «Коробка отбора мощности». Грамотно составленное техническое задание ускорило процесс проведения функционально-стоимостного анализа, который показал необходимость усовершенствования конструкции исследуемого изделия и разработки окончательной методики ее проведения на данном предприятии.

Ключевые слова: методы совершенствования технических объектов, функционально- стоимостной анализ технических объектов, коробка отбора мощности.

Специальная техника представляет собой сложное техническое транспортное средство, машины, механизмы, имеющее четко определенное назначение. Некоторые агрегаты и оборудование, применяемые в ней, требуют собственный источник питания. Для этих целей в машинах специального назначения дополнительно применяется такой узел, как коробка отбора мощности (КОМ), с помощью которого крутящий момент силового агрегата передается на рабочее оборудование. КОМ способна передавать до 40% максимальной мощности силовой установки. Приводом выступает сам основной двигатель транспортного средства, а КОМ представляет собой механическую коробку передач. Но её тип и технические характеристики во многом зависят от назначения, приводимого в действие дополнительного оборудования.

В процессе изготовления проектировщики стараются обеспечить соблюдение следующих условий [1]: компактность и небольшой вес; значительный рабочий ресурс, за счет повышенной износоустойчивости; зубчатая пара делается с определенным передаточным числом; узел обязан «отобрать» на рабочее оборудование заданную часть мощности мотора; коробка должна без больших физических усилий включаться снаружи либо из кабины водителя; межсервисный пробег – не меньше, чем у прочих узлов трансмиссии; работа КОМ не должна отрицательно влиять на рабочий ресурс сцепления и силового агрегата.

Рассматриваемая коробка отбора мощности эксплуатируется на машинах специального назначения – снегоболотоходах модели ГТ-ТР и применяется для совместной работы с крано-манипуляторным, буровым, пожарным и поливочным оборудованием. Отбор мощности на механизмы установленного технологического оборудования производится от трансмиссии снегоболотохода через коробку отбора мощности.

В ходе производства и эксплуатации КОМ, был выявлен ряд замечаний по его конструкции и технологии изготовления: повышенный шум при работе; течь масла; затруднённая сборка и обслуживание узла; высокая себестоимость узла.

Снижение затрат при создании машин и оборудования является основополагающей задачей разработчиков, решение которой в значительной степени влияет на уровень конкурентоспособности конечной продукции. Одним из важнейших и результативных направлений снижения себестоимости этой продукции является использование наиболее прогрессивных методов конструирования и конструкторских разработок.

Для устранения выше перечисленных проблем целесообразно использовать методы, позволяющие одновременно учитывать экономические факторы и функциональные параметры процесса изготовления деталей. Одним из таких методов служит метод функционально-стоимостного анализа (ФСА) [2-4]. Значимость функции должна соответствовать затратам на ее реализацию. Поэтому, было принято решение внедрения существующей общей методики ФСА применительно для малого машиностроительного предприятия с целью оптимизации производства механизмов спецтехники, а также апробация методики на производимом изделии, имеющем неудовлетворительные технико-экономические показатели – «Коробка отбора мощности» с учетом особенностей конкретного предприятия.

Работа по совершенствованию конструкции началась с издания приказа о проведении функционально-стоимостного анализа, в котором говорится: «Разработать мероприятия, направленные на снижение стоимости коробки на 40%. Разрабатываемое изделие должно обладать высоким рабочим ресурсом и встраиваться в конструкцию снегоболотохода ГТ-ТР без её изменения и корректировки. Работы производить согласно утвержденному Техническому заданию. Начальникам служб предприятия содействовать исследовательской рабочей группе и предоставлять всю необходимую информацию».

В техническом задании прописаны:

1. цель проведения ФСА;
2. технические требования: конструктивные, по назначению, по надежности, стойкости к внешним воздействиям, стандартизации и унификации, по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту, транспортированию и хранению, безопасности;
3. технико-экономические требования;
4. требования по видам обеспечения: метрологическому, нормативно-техническому;
5. требования к сырью, материалам и комплектующим изделиям межотраслевого применения;
6. требования к консервации, упаковке и маркировке;
7. порядок выполнения и приемки этапов ФСА;
8. этапы выполнения ФСА с указанием срока выполнения.

Для назначения ответственных за выполнение этапов ФСА была составлена схема управления предприятием (рисунок 1).

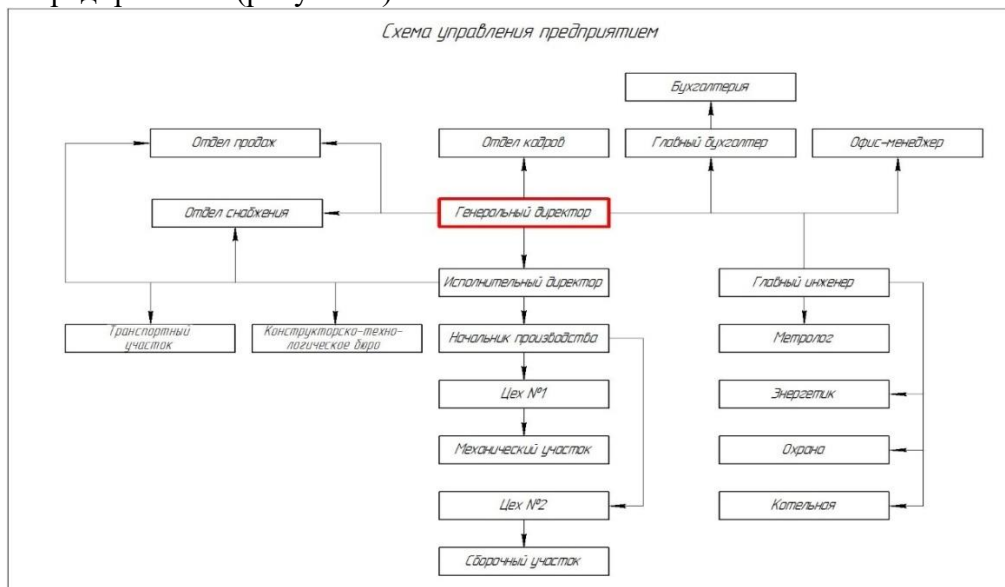


Рисунок 1 – Схема управления предприятием

Разработанный план-график работ представлен в виде диаграммы Ганта (рисунок 2).



Рисунок 2 – График работ на проведение ФСА технического объекта «Коробка отбора мощности»

На аналитическом этапе составлена структурно-элементная модель, проведен расчет затрат по всем сборочным единицам и составлена структурно-стоимостная модель (ССМ). Анализ ССМ показал, что максимальные затраты сосредоточены на сборочной единицы «Первичный вал в сборе». Функциональный анализ позволил выявить зоны дисбаланса затрат по функциям. Проработка технических решений показала необходимость замены шестерни одной из передач снегоболотохода, изменение конструкции корпуса для устранения износа зубчатой передачи, уменьшения шума и вибрации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Некрасов В.И. Узлы деления и отбора мощности: дифференциалы, раздаточные коробки, валы и коробки отбора мощности: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» /В.И. Некрасов, Г.Н. Шпитко. – Курган, 2010.
2. Ресурсоснабжение в машиностроении: совершенствование конструирования / В. Шумаев. - Текст: непосредственный // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. - 2014. - № 2. - С. 163-166.
3. Складорова О.А. Функционально-стоимостной анализ: учебное пособие: [16+] / О. А. Складорова; Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). – Ростов-на-Дону: Издательско-полиграфический комплекс РГЭУ (РИНХ), 2017. – 107 с. : табл., схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=567425> (дата обращения: 06.04.2023). – Библиогр.: с. 96-99. – ISBN 978-5-7972-2410-5. – Текст: электронный.
4. Николаева Н.Г. Функционально-стоимостной анализ в управлении качеством продукции и процессов жизненного цикла: учебное пособие: [16+] / Н. Г. Николаева, Е. В. Приймак; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2013. – 204 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259100> (дата обращения: 06.04.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7882-1468-9. – Текст: электронный.

МОДЕЛЬ ВЫБОРА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗЬБОВЫХ ОТВЕРСТИЙ В КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЯХ

Храмов Илья Алексеевич, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,
e-mail:Hramov_Pyu2013@mail.ru

Научный руководитель - Марков Андрей Михайлович, д.т.н., профессор, e-mail:altgtu@list.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе представлен анализ методов получения внутренней резьбы в деталях из металлических материалов, а также инструментов для нарезания резьбы в зависимости от критериев значимости необходимого параметра. Показан пример выбора технологического процесса изготовления резьбы и оценки его стоимости на основе заданных параметров.

Ключевые слова: нарезание резьбы, модель, режущий инструмент, резьбовые отверстия

1. Актуальность темы исследования

Проблемы выбора режущего инструмента для изготовления резьбовых отверстий в корпусных деталях.

1) Детали, содержащие резьбовые отверстия

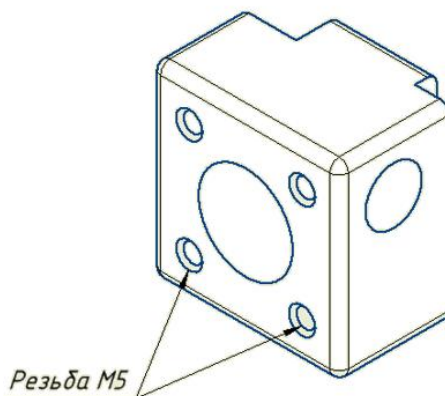


Рисунок 1 – Корпусная деталь с одинаковыми резьбовыми отверстиями

Такие корпусные детали содержат одинаковый диаметр, шаг резьбы, и, следовательно, резьбовые отверстия могут быть изготовлены одним резьбонарезающим инструментом.

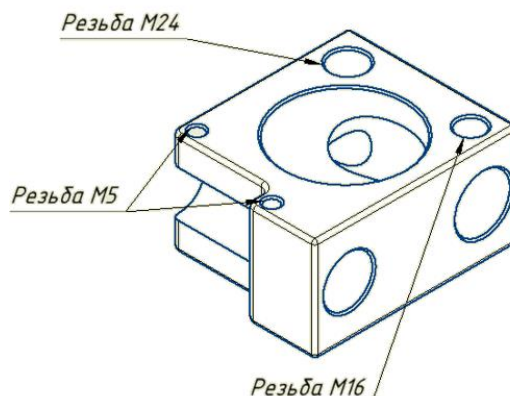


Рисунок 2 – Корпусная деталь с различными резьбовыми отверстиями

Такие корпусные детали содержат резьбовые отверстия с различным диаметром, шагом и тд. Они могут быть изготовлены с использованием различного набора инструментов.

2) Классификация резьбовых отверстий

- По форме поверхности: цилиндрическая или коническая.

- По форме профиля: треугольная, трапецеидальная, прямоугольная, круглая и специальная.
- По количеству витков: однозаходная или многозаходная
- По направлению витков: левая (нарезается против часовой стрелки) или правая (нарезается по часовой стрелке).

Так же разделяют резьбовые отверстия на: сквозные, глухие, ступенчатые.

3) Технические требования к резьбовым отверстиям.

К наружному диаметру наружной резьбы (d), среднему диаметру наружной резьбы (d_1), внутреннему диаметру внутренней резьбы (D_1) и среднему диаметру внутренней резьбы (D_2) устанавливают допуск по степеням точности, обозначаемыми цифрами (табл. 1).

Таблица 1 – Виды резьбы

Вид резьбы	Диаметр резьбы	Степень точности
Наружная резьба	d	4; 6; 8
	d_2	3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10*
Внутренняя резьба	D_2	4; 5; 6; 7; 8; 9*
	D_1	4; 5; 6; 7; 8

Положение поля допуска диаметра резьбы определяется основным отклонением и обозначается буквами латинского алфавита (табл. 2)

Таблица 2 – Отклонения диаметра резьбы

Вид резьбы	Диаметр резьбы	Основное отклонение
Наружная резьба	d	d; e; f; g; h
	d_2	d; e; f; g; h
Внутренняя резьба	D_2	E; F; G; H
	D_1	E; F; G; H

Рекомендуемая шероховатость (табл. 3)

Таблица 3 – Шероховатость поверхности резьбы

Поле допуска	Шероховатость
6g	$\sqrt{2,5}$
8g	$R_z 20$
6H	$\sqrt{2,5}$
7H	$R_z 20$

Так же к резьбе предъявляются требования отклонения формы поверхности, такие как допуск параллельности, перпендикулярности, соосности, цилиндричности

4) Инструменты для получения резьбовых отверстий

Метчики диаметрами резьбы от 1 до 52 мм

Раскатники резьбы диаметрами от 1,6 до 68 мм.

Фрезы для обработки диаметров от 12 до 600 мм

Резцы для обработки диаметров от 12 до 600 мм

Абразивный инструмент для шлифования резьбы

Пример изготовления резьбы M36x2 – 6g.

Варианты техпроцесса изготовления резьбы (табл. 4)

- I. Метчиком ручным
- II. Метчиком машинным (Сверлильный станок 2М112)

- III. Резцом (Токарный станок 16к20)
- IV. Шлифование (Токарный станок 16к20, шлифовальный станок **BBN 500 CNC**)
- V. Раскатывание (Сверлильно-резьбонарезной станок Stalex МТВ-25)
- VI. Резьбофрезерование (Фрезерный станок с ЧПУ CORMAKVM300)

Таблица 4 - Варианты техпроцесса изготовления резьбы

№ ТП	Время обработки, мин (С)	Себестоимость Руб/мин (Т)	Ramin, мкм	Степень точности (С)
I.	10	1	3,2	7-6
II.	4	2	1,6	До 4
III.	5	3	1,3	До 5
IV.	8	(3+5)/2	0,4	6-4
V.	3	4	0,2	8-4
VI.	6	4	1,6	8-6

Стоимость 1 станко-минуты (руб/мин) определим оценочным методом, самый дешёвый метод, не требующий применения станочного оборудования: нарезания резьбы ручным метчиком (табл. 5).

Таблица 5 - Стоимость 1 станко-минуты (руб/мин)

1. Сверлильный станок 2м112	2руб/мин
2. Шлифовальный станок BBN 500 CNC	5руб/мин
3. Тиски	1 руб/мин
4. Фрезерный станок с ЧПУ CORMAKVM300	4 руб/мин
5. Токарный станок 16к20	3 руб/мин
6. Сверлильно-резьбонарезной станок Stalex МТВ-25	4 руб/мин

Итоговый критерий выбора складывается из суммы параметров: времени обработки, себестоимости, получаемой шероховатости и степени точности. При это мы выбиваем какой параметр нам более необходим, задавая коэффициентом α

$\alpha_1 \dots \alpha_n$ – коэффициенты значимости, $\sum \alpha_i = 1$

$$K = \alpha_1 C + \alpha_2 T + \alpha_3 Ra + \alpha_4 S$$

Вывод: задавшись значимостью определённого параметра с помощью коэффициента мы можем судить о том насколько сильно подходит тот или иной процесс получения резьбового отверстия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Скиба В.Ю. Оборудование машиностроительного производства. Металлорежущие станки: учебное пособие / Скиба В.Ю., Иванцовский В.В.. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2022. - 144 с. - ISBN 978-5-7782-4739-0. - Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/126509.html> (дата обращения: 09.04.2023).- Режим доступа: для авторизир. Пользователей

2. Нарезание точных резьб (машинными метчиками) [Текст]. - Москва: Машиностроение, 1968. - 116 с. : ил.; 22 см. / Москва: Машиностроение, 1968 FB Б 68-18/520

3. Минаев А.М. Обработка металлов резанием: Учебно-методическое пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. - 96 с.

4. Бабук В.В Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: учебное пособие / В.В. Бабук [и др.]; под ред. В.В. Бабука – Мн.: Высшая школа, 1987. - 255 с.

5. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: справочник / Р.И. Гжиров. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отд-ние, 1984. – 288 с.

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ УГЛЕПЛАСТИКОВ

Чернакова Олеся Викторовна, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,
e-mail:olesya-chernakova@mail.ru

Научный руководитель - Некрасов Вячеслав Николаевич, к.т.н., доцент, e-mail:sla44@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе выполнена оценка углепластика как конструкционного материала. Проведен литературный анализ вопросов изготовления деталей из углепластиков, выявлены проблемы механической обработки, определены факторы оказывающие влияние на форму профиля обработанного отверстия и выделены среди них наиболее значимые. Предложен способ управления технологическими параметрами при сверлении для достижения требуемых показателей точности изготовления деталей.

Ключевые слова: композитные материалы, механическая обработка, сверление, углепластик, обеспечение качества.

Для современного машиностроения характерно использование новых материалов, обеспечивающих повышенные эксплуатационные показатели не только отдельных деталей, но и механизмов в целом. Одним из таких перспективных материалов является полимерный композиционный материал на основе углеродного волокна. Углепластик обладает высокими механическими свойствами, удовлетворяющими современным требованиям, предъявляемым к машинам и их узлам. Углепластик обладает малой удельной плотностью, что создаёт для этого материала преимущества при проектировании конструкций, требующих снижения веса без потери прочности: элементы аэрокосмических аппаратов, лопасти ветрогенераторов, протезирование опорно-двигательного аппарата, спортивное снаряжение и экипировка и т.д. Кроме того, необходимо отметить такие свойства углепластика как стойкость к коррозии, большая механическая прочность, магнитопроницаемость, высокая эластичность, эстетичность. Но есть и недостатки, среди которых анизотропия механических свойств, низкая устойчивость при высокотемпературном воздействии, хрупкое разрушение при критических нагрузках. Учитывая очевидные преимущества, углепластик находит широкое применение при создании современных узлов и машин.

Несмотря на непрерывное совершенствование технологии изготовления деталей из углепластика, на заготовительном этапе не удается получить качество, которое соответствует техническим требованиям на деталь, поэтому требуется последующая механическая обработка. Чаще всего применяют обработку лезвийным инструментом со снятием припуска. Одним из способов получения отверстий в деталях из углепластика является сверление, но особенности его физико-механических свойств вызывает ряд сложностей [1], среди которых выкрашивание связующего вещества, вытягивание и разломачивание отдельных волокон или их пучков, формирование глубоких трещин в поверхностном слое обработанной поверхности. Существенной проблемой является отклонение от круглости обработанной поверхности отверстия при сверлении из-за упругих деформаций, формирующихся в объеме композиционного материала под воздействием сил резания. Сегодня существует большое количество специального инструмента для волокнистых композитов, позволяющих снизить образование дефектов при сверлении. Но такие инструменты имеют узкую специализацию, изготавливаются на заказ и обладают высокой стоимостью. Поэтому разработка технологических рекомендаций, позволяющих уменьшить негативное влияние процесса сверления на качество поверхности при использовании стандартного и недорогого инструмента, является актуальной задачей для машиностроения.

В работе предлагается решить проблему отклонения от круглости за счет подбора технологических параметров. Наиболее простым и дешевым способом управления процес-

сом резания является изменения режимов резания. Для сверления доступными для изменения являются скорость резания и подача. Глубина резания равняется половине диаметра сверла и её регулирование гораздо сложнее (рис. 1).

Для того чтобы установить взаимосвязь между отклонением от круглости профиля отверстия и параметрами режимов резания можно использовать метод полного факторного эксперимента. Этот способ при относительной простоте даёт хороший результат. По ранее разработанной методике [2] выбраны управляемые параметры, диапазон их изменения и составлен план эксперимента.

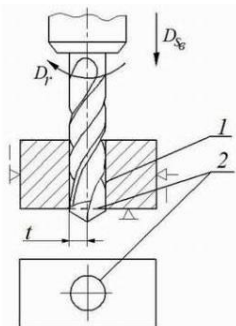


Рисунок 1 – Технологически параметры обработки при сверлении отверстий сверлами.

D_r – частота вращения, D_s – подача, t – глубина резания. 1 – образующая;
2 – направляющая окружность.

В результате изготовлены образцы из углепластика в виде пластинок. Для полного соблюдения технологических параметров обработки, сверление отверстий осуществлялось на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ ГФ2171С5. Сверла использовались из быстрорежущей стали Р6М5 с цилиндрическим хвостовиком ГОСТ 10902-77. Полученные образцы с отверстиями измерялись с помощью кругломера Mitutoyo Roundtest RA-120 (рис. 2)



Рисунок 2 – Измерение отклонения от круглости профиля отверстия в детали из углепластика.

Полученные результаты позволяют разработать научно-обоснованную методику назначения режимов обработки для изготовления качественных деталей. Методика обеспечит значительное снижение времени технологической подготовки производства, повысит качество принимаемых решений и их эффективность.

1. Ярославцев В.М. Высокоэффективные технологии обработки изделий из композиционных материалов. Наука и образование: Электронное научное издание. Из-во ФГБОУ ВПО «МГТУ им Н.Э. Баумана». №1 2017- Москва.

2. Левченко Д.С., Чернакова О.В. Методика экспериментального исследования влияния режимов обработки на шероховатость поверхности при сверлении деталей из углепластика // Наука и молодежь: Том 1. Инженерно-технические науки, часть 1: материалы XIX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (18–22 апреля 2022 года, г. Барнаул) / Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – Барнаул: АлтГТУ, 2022. – 39–41 с. – URL: https://journal.altstu.ru/konf_2022/2022_1/103/

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ШНЕК

Шипунов Кирилл Андреевич, студент кафедры «Технология машиностроения»,
e-mail: kirill.shipunov@list.ru

Научный руководитель - Щербаков Николай Петрович, к.т.н., доцент, e-mail: olimpmt@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Показана актуальность проблемы механической обработки деталей типа шнек. Рассмотрены варианты технологических процессов изготовления шнеков. Предложен инновационный вариант изготовления шнеков. Сформулирована эффективность этой инновационной технологии.

Ключевые слова: инновации, технология, механическая обработка, шнек, эффективность.

Шнек - это сложное по конструкции изделие, которое предназначено для транспортировки сыпучего, жидкого и вязкого продукта. В основном, это деталь типа втулки, на внешней поверхности которой присутствует винтовая линия, которая расположена вдоль её оси, так называемая реборда шнека. В зависимости от транспортируемого продукта у неё будет различаться наклон витков, их конструкция, диаметр и шаг (рисунок 1).



Рисунок 1 – Различные виды шнеков

Такие детали используются в масляных прессах. Для того, чтобы контролировать степень сжатия, используется несколько шнеков с различным диаметром витков. Чтобы избежать застревания семян и обеспечить чёткость и герметичность соседних шнеков необходимо соблюдать высокое качество обработки, обусловленное заданными техническими требованиями.

Сложность механической обработки шнека состоит в следующем, для того чтобы получить нужное отверстие, паз мы можем использовать токарное оборудование, но получить витки с переменным шагом и нужной конструкции на токарном станке практически невозможно, необходимо использовать фрезерное оборудование. Введение в технологию изготовления шнека операций термообработки для достижения твердости минимум 55 HRC приводит к назначению в техпроцесс дополнительных операций механообработки. Таким образом,

для обработки детали используются несколько станков, существенно увеличивается трудоёмкость и стоимость обработки шнека.

Исходя из данной проблемы, на примере детали Шнек №1, которая изготавливается на Алтайском приборостроительном заводе (АПЗ) «Ротор» был разработан инновационный технологический процесс обработки детали типа шнек.

Следует отметить, что витки - реборды шнеков очень схожи с резьбой, также располагаются на поверхностях цилиндрических тел винтовой линией. На современных станках с числовым программным управлением есть функция «Нарезать резьбу», цикл G76 в котором можно настраивать диаметр, величину конусности и глубину резьбы. Получение реборды шнека возможно путем адаптирования цикла G76. Результат будет положительным, но есть одно «но», для резьбы геометрия профиля является стандартизированной, а для шнека может быть произвольной. Мы не сможем проконтролировать переменность шага наших витков, а также сложную конструкцию профиля витка.

Как вариант, мы можем получить реборду шнека на этапе получения заготовки, а затем произвести все остальные операции для получения отверстия, паза или других способов его закрепления в механизме транспортировки продукта. Выясним возможность существования данного метода.

Для этого рассмотрим несколько вариантов получения заготовки для детали: штамповка с готовой ребордой шнека (рисунок 2 а), штамповка с отверстием (рисунок 2 б), прокат круглого сечения (рисунок 2 в).

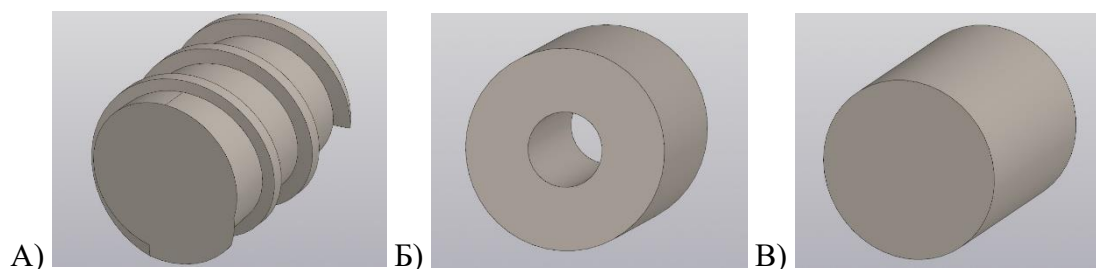


Рисунок 2 – Способы получения заготовки для Шнека №1

Программа выпуска детали Шнек №1 на предприятии АПЗ «Ротор» 100 штук в год. При данной программе выпуска получения витков на этапе получения заготовки будет стоить дорого, т.к. будет использовано слишком много ресурсов, также данные витки не будут соответствовать техническим требованиям, их придётся обрабатывать в любом случае, следовательно, данный метод получения заготовки не подходит. Такой метод получения заготовки наиболее эффективен для условий крупносерийного производства.

Сравним оставшиеся два метода получения заготовки [1]. При выполнении расчёта экономической эффективности выяснилось, что, несмотря на то, что коэффициент использования металла при использовании заготовки методом получения штамповки (0,57) больше, чем при использовании проката (0,48), прокат оказался экономически выгоднее, себестоимость заготовки составила - 1116 рублей, в то время как при использовании штамповки - 1327 рублей. Таким образом, рекомендуемый способ получения заготовки – прокат.

Но вопрос со способом нарезания витков всё ещё не закрыт, в результате поиска ответа на этот вопрос было найдено следующее решение: в САМ системе для станков с ЧПУ «АДЕМ» разработчики ввели функционал специально для обработки шнеков. При первоначальной настройке регулируются: величина смещения на каждом проходе, число калибровочных проходов и многие другие параметры (рисунок 3).

Таким образом, реборду шнека мы можем получить на станке с ЧПУ с помощью автоматизированной системы проектирования «АДЕМ».

Укрупненный инновационный технологический процесс механической обработки детали Шнек №1 будет следующим. Операция 005. Токарная: подрезка торцов, получение от-

верстия и необходимых внутренних диаметров шнека, обработка наружной поверхности и получение витков - реборды, строгание паза.

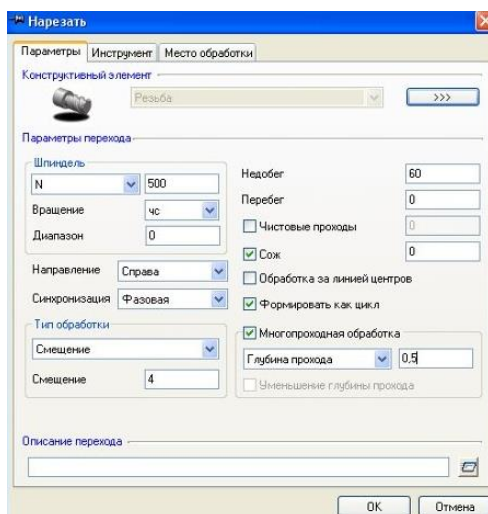


Рисунок 3 – Начальные параметры при нарезании витков

Применение инновационного режущего инструмента для выполнения токарных технологических переходов на основе пластин из сплава СВ7015 позволяет вести обработку шнека после его термической обработки, увеличить точность обработки и исключить влияние термообработки на точность размеров.

В результате применения выше перечисленных инновационных решений при изготовлении шнека №1, возможно произвести механическую обработку на одном высокопроизводительном станке с ЧПУ, повысить производительность труда, снизить стоимость обработки, обеспечить заданное качество обработки и выполнение необходимых технических требований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зубарев Ю.М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку: учебное пособие / Ю.М. Зубарев. Санкт-Петербург: Лань, 2016. - 256 с. - ISBN 978-5-8114-1995-1. - Текст: электронный //Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/72581>

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ ПРОМЫВКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ

Элкашлан Мохамед Абделаиз Саад Абделаиз, магистрант кафедры «Технология машиностроения», e-mail: aazimkashlan@mail.ru

Научный руководитель - Балашов Александр Владимирович, к.т.н., доцент, e-mail: bavagtu@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрены технические требования, предъявляемые к прецизионным деталям. Предложена установка для ультразвуковой очистки прецизионных изделий. Рассмотрены схема и 3D модель ультразвукового устройства для очистки. Описана ванна для ультразвуковой очистки прецизионных деталей. Описан физический эксперимент по оценке степени очистки деталей в разработанной ванне. Приведены результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: прецизионные изделия, загрязнения, ультразвук, очистка, ванна.

К техническим требованиям прецизионных изделий топливной аппаратуры относится требование к чистоте деталей. Поэтому в технологических процессах изготовления деталей и изделий топливной аппаратуры присутствуют операции по промывке и очистке. Одним из эффективных методов очистки является ультразвуковой метод.

При ультразвуковом методе очистки прецизионное изделие (деталь) помещают в жидкую среду. Для создания эффекта ультразвуковых волн в жидких средах используются различные пути преобразования электрической энергии в ультразвуковые колебания, а также различные способы передачи этих колебаний моющему раствору. Ультразвуковую очистку производят в органических растворителях или водном растворе щелочей и синтетических поверхностно-активных веществ. При ультразвуковом методе очистки количество остающихся на поверхности загрязнений не превышает 0,5% (при механической очистке – до 10 % загрязнений). Очистка поверхностей реализуется комплексным физико-химическим воздействием на загрязнения моющих средств и акустических явлений (кавитация, акустические течения и др.), возникающих в моющем растворе при прохождении ультразвуковых колебаний [1].

Для машиностроительных предприятия Алтайского края разработано устройство для ультразвуковой очистки прецизионных деталей. Устройство состоит, рисунок 1, из герметичного корпуса, на стенках которого размещены пьезоэлектрические излучатели. Очищаемые детали помещаются в кассету и в очищающий раствор.

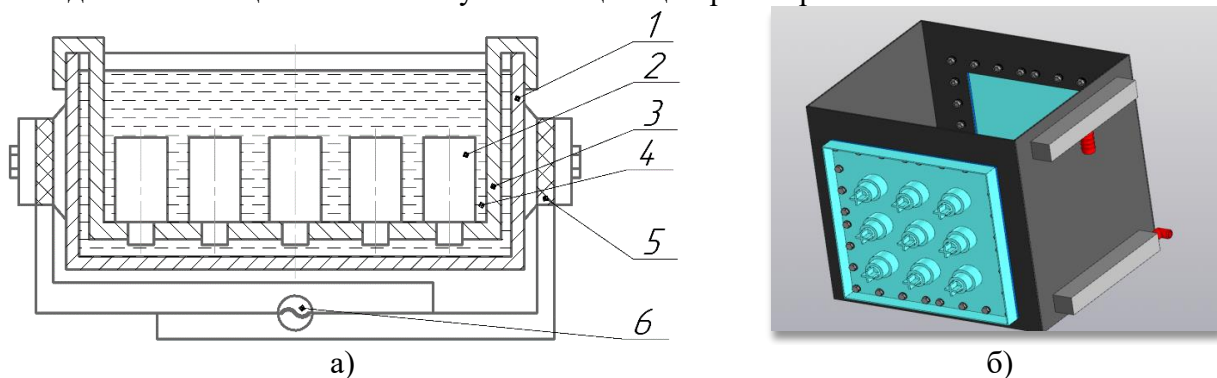


Рисунок 1 – Устройство для ультразвуковой очистки прецизионных деталей

- а) – схема устройства: 1 – корпус, 2 – прецизионное изделие, 3 – кассета,
4 – моющая жидкость, 5 – пьезоэлектрический излучатель, 6 - ультразвуковой генератор;
б) – 3D – модель устройства

В соответствии с разработанной конструкторской и технологической документации изготовлена ультразвуковая ванна для очистки прецизионных деталей, рисунок 2.

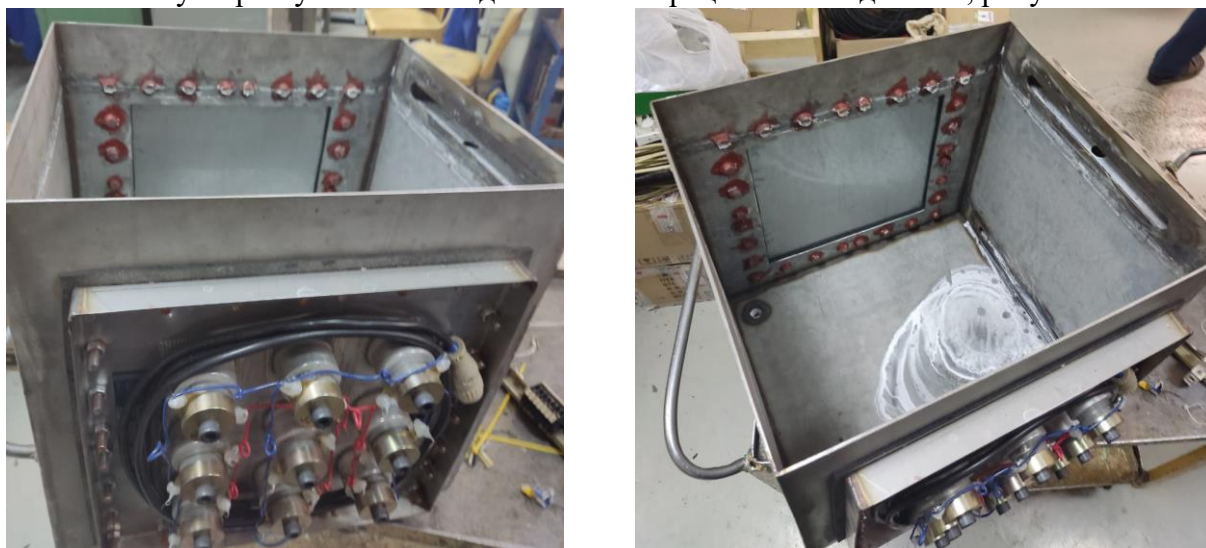


Рисунок 2 – Ультразвуковая ванна для очистки прецизионных деталей

Для проверки работоспособности изготовленной ванны выполнена очистка прецизионных деталей. Степень очистки оценивались путем определения загрязнения чистой салфетки. Прецизионные изделия тщательно протирались салфетками до очистки и через 20, 40, 60, 80 и 100 секунд очистки деталей в разработанной ванне. Далее салфетки исследовались в микроскопе, оснащённом цифровой камерой, рисунок 3.

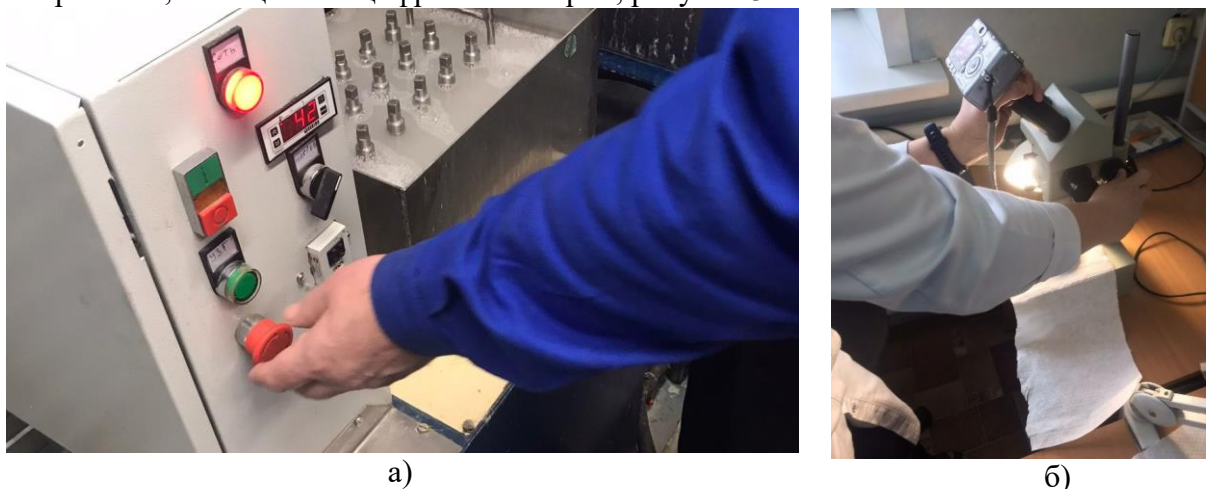


Рисунок 3 – Очистка прецизионных деталей и оценка степени очистки
а) - очистка прецизионных деталей, б) - оценка степени очистки

Результаты очистки прецизионных деталей в разработанной установке приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Степень загрязнения нижней части изделия до, во время и после чистки изделия

Время очистки, сек	Степень загрязнения салфетки	Процент загрязнения	Время очистки, сек	Степень загрязнения салфетки	Процент загрязнения
0		92	60		40
20		78	80		32
40		83	100		15

Зависимость процента загрязнения прецизионной детали от времени её очистки в разработанной ванне показано на рисунке 4

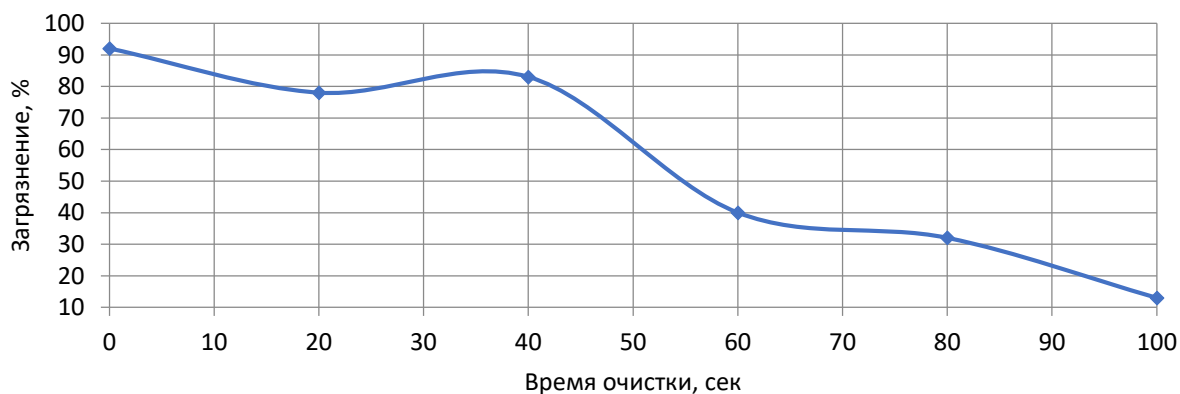


Рисунок 4 - Зависимость процента загрязнения прецизионной детали от времени её очистки

Проведенные исследования показали, что разработанная ультразвуковая ванна очищает прецизионные детали от грязи.

Выявленная зависимость процента загрязнения прецизионной детали от времени её очистки может быть использована для проектирования технологической операции промывки и определения штучного времени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Савастенко Э.А., Яковенко А.Л., Савастенко А.А. Использование ультразвукового метода очистки деталей топливной аппаратуры дизеля. Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2018, №4(55), С. 22-27.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ ИЗ PLA-ПЛАСТИКА, ПОЛУЧЕННЫХ 3D-ПЕЧАТЬЮ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ

Юрова Елизавета Ивановна, Щёткина Екатерина Евгеньевна, студенты кафедры «Технология машиностроения», e-mail:yurova_20033@mail.ru, e-mail:shetkinakatyua29@gmail.com
Научный руководитель - Балашов Александр Владимирович, к.т.н., доцент,
e-mail:avagtu@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрена технология 3D-печати экструзионным методом. Приведены режимы печати экспериментальных образцов на ударную вязкость из PLA пластика. Описаны исследования на определение зависимостей влияния структуры напечатанных образцов на предел прочности по ударной вязкости. Выявлена зависимость предела прочности на ударную вязкость от заполнения материалом образца, которая может использоваться при проектировании изделий, детали которых получены 3D печатью экструзионным методом из PLA пластика.

Ключевые слова: Аддитивные технологии, экструзионный метод печати, PLA пластик, ударная вязкость.

В настоящее время в различных организациях находит широкое применение аддитивные технологии. Одним из распространенных методов печати, является экструзионный метод. Для проектирования изделий необходимо обладать знаниями по прочностным характеристикам материалов, из которых изготовлены детали [1-3]. Однако сведения о прочности деталей, полученных экструзионным методом из PLA пластика, отсутствуют. Поэтому исследования направленные на выявление зависимости прочности изделий из PLA пластика от режимов печати экструзионным методом (рисунок 1) являются актуальными.



Рисунок 1 - 3D принтер MakerBot Replicator 2X

Экспериментальные образцы напечатаны на 3D принтере MakerBot Replicator 2X (рисунок 1) из пластика PLA при следующих режимах печати: температура экструдера – 235 °С; скорость печати 70 мм/с; коэффициент подачи пластика – 0,93; диаметр сопла экструдера – 0,8 мм; ширина нити – 0,96 мм; высота слоев – 0,4 мм; температура стола первого слоя – 70 °С; температура стола остальных слоев – 70 °С

Испытание образцов на ударную вязкость осуществлялось на копёре МК 300 (рисунок 2).



Рисунок 2 - Копёр МК 300

Экспериментальные исследования по ГОСТ 4647-2015 реализовывались на напечатанных образцах первого типа без надреза

Экспериментальные образцы (рисунок 3) сформированы внутренним заполнением материала 5, 25, 50, 70 и 100% с толщиной слоя по контуру – 1 мм. Размеры образцов: 15x10x120 мм.

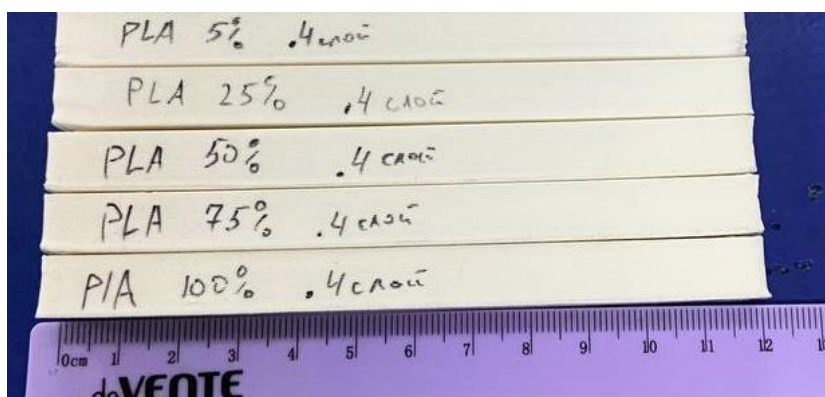


Рисунок 3 - Экспериментальные образцы

Экспериментальные образцы испытывались на ударную вязкость на копёре МК 300 с маятником массой 15 кг, с ударом в ребро.

Результаты обработки экспериментальных данных представлены в таблице 1 и на рисунке 4.

Таблица 4 – Ударная вязкость

Заполнение, %	5	25	50	75	100
Ударная вязкость, кДж/м ²	21,64	27,42	31,76	44,83	67,86

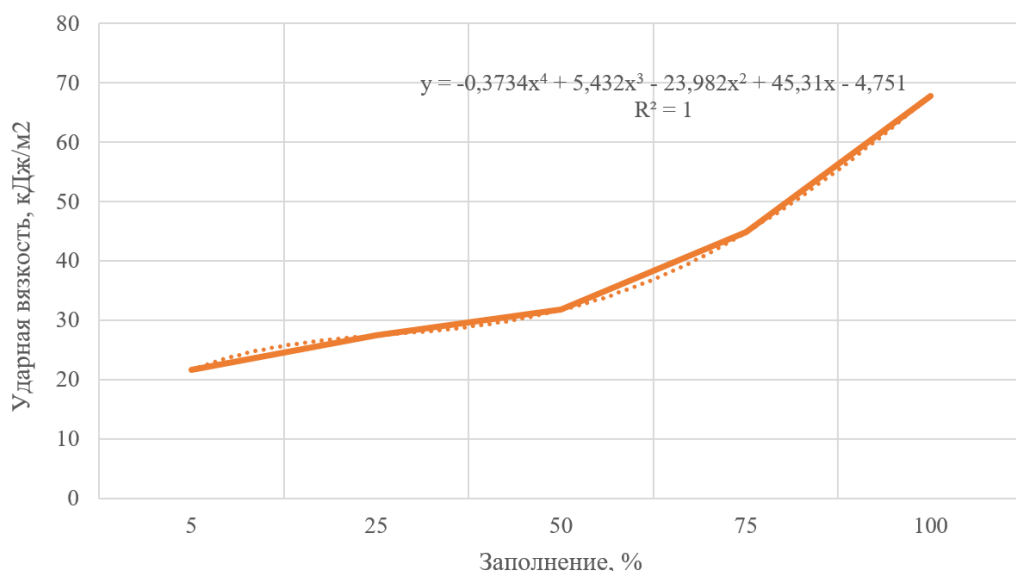


Рисунок 4 - Зависимость прочности на ударную вязкость экспериментального образца от заполнения материалом образца

Зависимость влияния процента заполнения материалом образца, Q , предел прочности по ударной вязкости, U , описывается уравнением 1.

$$U = -0,3734 \cdot Q^4 + 5,432 \cdot Q^3 - 23,982 \cdot Q^2 + 45,31 \cdot Q - 4,751 \quad (1)$$

Выявленная зависимость предела прочности на ударную вязкость от заполнения материалом образца может использоваться при проектировании изделий, детали которых получены 3D печатью экструзионным методом из PLA пластика.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балашов А.В., Маркова М.И. Исследование структуры и свойств изделий, полученных 3D-печатью // Инженерный вестник Дона, 2019, No 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5618.
2. К вопросу повышения прочности и точности геометрических характеристик зубчатых колес, изготовленных посредством 3D-печати / В.И. Глухов, Л.Г. Варепо, И.В. Нагорнова, Ф.А. Доронин // Известия ТулГУ. – 2019. – Вып. 6. – С. 322–331.
3. Балашов А.В., Черданцев А.О., Новиковский А.А., Ананьин С.В., Белопловтов С.В. «Исследование прочности изделий, полученных методом 3D-печати» // Ползуновский Вестник, No2, 2016, с. 61–64.

ПОДСЕКЦИЯ «ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

СВАРКА КЕРАМИЧЕСКИХ ПОДВЕСОВ ДЛЯ ПЕЧЕЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Вахитов Тимур Русланович, магистрант кафедры МБСП, e-mail:timur.vaxitov@mail.ru
 Научный руководитель – Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,
 e-mail:anast_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрен процесс изготовления неразъемного соединения керамического изделия с помощью аргонодугового способа сварки, в целях получения ремонтной возможности для таких изделий.

Ключевые слова: аргонодуговая сварка, сварка керамических изделий, ремонт керамики.

Сварка керамических изделий одно из самых сложных ответственных технологических операций. За последние годы сварка керамических изделий претерпевает множество изменений, благодаря открытию и изучению новых видов способов сварки. Однако на сегодняшний день существует изрядное малое количество способов для создания неразъёмного соединения керамики.

Керамическую сварку лучше всего использовать в качестве ремонтной возможности, тем самым можно обеспечить экономически выгодную альтернативу продлению срока службы того или иного изделия.

Одним из пригодных способов сварки керамики является диффузионная сварка, но наличием данного способа сварки могут похвастаться не так много производств на территории РФ. Несмотря на то, что способы сварки плавлением, как правило, непригодны для соединения керамических изделий в виду отсутствия необходимого условия химического воздействия, а также несовместимости соединяемых композиций, существует возможность образования неразъемного соединения плавлением путем локального нагрева и расплавления кромок керамического материала до уровня нулевой жидкотекучести.

Al ₂ O ₃ состав, %	60	75	80	85	92	95	99
Плотность, см ³	3	3.1	3.3	3.4	3.6	3.7	3.81
Предел прочности при изгибе, МПа	205	280	216	230	312	304	304
Тепловое расширение, К ⁻¹	7.1	7.6	7.6	7.6	7.5	7.3	7.6
Теплопроводность, Вт/(м·К)	16	17	17	17	18	20	34
Диэлектрическая проницаемость, кВ/мм	10	10	10	10	10	10	10
Удельное сопротивление, Ом/см	20°С	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴
	300°С	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹³
Максимальная температура, град.	1350	1300	1300	1350	1500	1700	1800

Таблица – 1 Основные физико-механические свойства и состав свариваемого изделия



Рисунок 1 – Свариваемый материал

Керамические подвесы диаметром 8 мм, длиной не больше 200 мм, используются в печах камерного типа с выкатным подом, они работают в условиях высоких температур. Данное изделие служит для удерживания нагревающей спирали в печи, поэтому очень важно удовлетворить все прочностные характеристики после сварки [1].

Рассмотрим возможность создания неразъёмного соединения с помощью аргонодуговой сварки:

- 1) без присадочного материала;
- 2) с керамической присадкой того же химического состава;
- 3) с присадочным проволокой 10X16H25AM6 для сварки разнородных сталей.

Поскольку керамика не является электропроводной необходимо выполнять сварку с использованием осциллятора (встроен в случае с использованием источника для аргонодуговой сварки), это позволит беспрепятственно произвести поджиг сварочной дуги на металлической подложке, а после равномерно направить сварочную дугу в зону сварки подготовленных кромок. (рисунок 2).

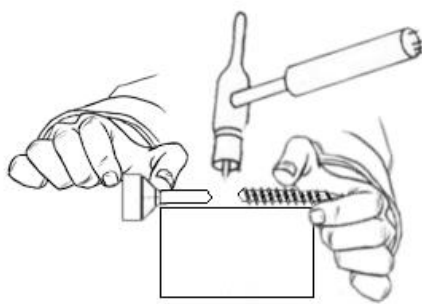


Рисунок 2 – Процесс изготовления

Сварку необходимо выполнять двум сварщикам, один непосредственно производит расплавление и подачу присадки в сварочную ванну (при необходимости), второй сварщик удерживает свариваемое изделие в заданной плоскости и при расплавлении кромок материала до жидкотекучего состояния сжимает стыкуемые элементы в направлении друг друга. Присадочный материал того же химического состава что и свариваемый должен быть длиной больше 100 мм, и диаметром 2-3 мм.

При использовании проволоки в качестве присадки, сварка выполняется также как при использовании керамической присадки. Проволока 10X16H25AM6 позволяет сваривать разнородные стали перлитного с аустенитным классом.



Рисунок 3 – Итоговый результат выполненного соединения

В результате получено неразъёмное соединение (рисунок 3), которое удовлетворяет возложенные физико-механические свойства, не требующие для этого специализированного

оборудования. Стоит учитывать, что соединение получено для изделия с малыми габаритными размерами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. https://yandex.ru/patents/doc/RU2140889C1_19991110?ysclid=lgyt8o0ww271692738.

МОБИЛЬНЫЙ СВАРОЧНЫЙ АГРЕГАТ

Герасименко Павел Владимирович, магистрант кафедры МБСП,
e-mail:pavel.gerasimenko2000@list.ru

Научный руководитель – Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,
e-mail:anast_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной статье рассмотрен мобильный сварочный агрегат. Описаны его назначение, устройство и недостатки. Проведен поиск патентной документации на наличие современных технологий изготовления мобильных сварочных агрегатов.

Ключевые слова: сварочный агрегат, устройство, назначение, недостатки, особенности.

Сварочные агрегаты представляют собой устройства для автономной дуговой сварки. Это мобильное устройство, которое преобразует энергию топлива в электрический ток и передает его на сварочный аппарат.

Сварочный агрегат, в основном, получает энергию от дизельного топлива или бензина, которая затем преобразуется в электрический ток. Обычно коэффициент полезного действия (КПД) при этом варьируется от 90 до 98%..

Существует 3 типа агрегатов в зависимости от типа транспортировки.

- Самоходный. Это полноценная машина с кабиной для водителя. Помимо источника питания, он может иметь крюк для погрузки. Перемещается он без использования иного оборудования.

- Прицепной. Еще один мобильный вариант, но не полностью автономный. Чтобы доставить устройство на рабочее место, необходимо прикрепить его к автомобилю или другому транспортному средству.

- Без шасси. Металлический блок без колес. Доставляется на рабочее место на грузовике [1].

Мобильный сварочный агрегат относится к электросварочному оборудованию и может использоваться для автономной работы от внешней электросети, в основном, для ремонтных работ, когда требуется ручная электродуговая сварка в полевых условиях, а также в производственных условиях с небольшим количеством сварочных работ.

Мобильный сварочный аппарат изготавливается отдельно от транспортного средства.

Недостатком данного устройства является сложность конструкции и нерациональное использование мощности ДВС (двигателя внутреннего сгорания) при регулировании сварочного тока по частоте его вращения, так как соотношение мощности к расходу топлива ДВС зависит от частоты вращения их коленчатого вала. Сложность конструкции обусловлена наличием регуляторов электросварочного тока, необходимостью использования специального генератора большой мощности.

Мобильный сварочный агрегат содержит аккумуляторную батарею, выполненную из двух блоков поз.1 и поз.2 (рис.1), изготовленных на номинальное напряжение бортовой сети транспортного средства 12 вольт. В качестве блоков поз.1 и поз.2 наиболее рационально применение автомобильных аккумуляторов, приспособленных для стартерного запуска двигателя внутреннего сгорания. Имеется источник энергии вращательного движения в виде двигателя внутреннего сгорания поз.3, кинематически связанного с устройством автомобильного назначения для преобразования механической энергии вращательного движения в

электрическую в виде двух генераторов поз.4 и поз.5 автомобильного назначения, выполненных для бортовой сети на номинальное напряжение по отдельности в 12 и 24 вольта. Генераторы поз.4 и поз.5 индивидуально оснащены средством формирования зарядного постоянного тока для аккумуляторной батареи, изготовленным для работы в составе бортовой сети транспортного средства.



Рисунок 1 – Мобильный сварочный агрегат

Кинематическая связь двигателя внутреннего сгорания поз.3 с генераторами поз.4 и поз.5 осуществлена с помощью раздаточного узла поз.6, например выполненного в виде ременной передачи. Имеется переключатель поз.7, способный производить параллельную или последовательную коммутацию блоков поз.1 и поз.2 аккумуляторной батареи с одновременным приведением в действие одного из автомобильных генераторов поз.4 и поз.5 на 12 или 24 вольта, соответственно, и подключением выходных клемм одного из них к аккумуляторной батарее.

Система вывода электрической энергии для образования сварочной дуги представляет собой подключение сварочных кабелей поз.8 и поз.9 к выходным клеммам аккумуляторной батареи посредством переключателя поз.7. Двигатель внутреннего сгорания поз.3 имеет индивидуальные электрическую сеть зажигания и аккумулятор (на рисунке не показаны).

Пользуются мобильным сварочным агрегатом следующим образом.

Перед началом сварочных работ производят запуск двигателя внутреннего сгорания поз.3 с помощью индивидуальных электрической сети и аккумулятора. Двигатель внутреннего сгорания поз.3 посредством раздаточного узла поз.6 приводит во вращение генераторы поз.4 и поз.5. Переключателем поз.7 подключают блоки поз.1 и поз.2 аккумуляторной батареи параллельно или последовательно, при этом одновременно приводится в действие один из автомобильных генераторов поз.4 и поз.5 на напряжение 12 или 24 вольта, соответственно, и происходит подключение его выходных контактов к аккумуляторной батарее, благодаря чему осуществляется подзарядка ее блоков поз.1 и поз.2 в паузах сварочных работ. Параллельное или последовательное подключение блоков поз.1 и поз.2 обеспечивает ступенчатое регулирование напряжения аккумуляторной батареи и, соответственно, регулирование сварочного тока. Так как с помощью переключателя поз.7 произведено подключение сварочных кабелей поз.8 и поз.9 к выходным клеммам аккумуляторной батареи, при сварочных работах образование сварочного тока происходит преимущественно с использованием электроэнергии блоков поз.1 и поз.2 аккумуляторной батареи, подзарядка которых происходит в промежутках времени простоев, связанных с паузами сварочных работ,

согласно их технологии, либо при необходимости более глубокой зарядки после продолжительного использования.

Проведя анализ патентной документации на сайте Роспатента - Федеральный Институт Промышленной собственности [2], были найдены актуальные разработки мобильных сварочных агрегатов, что свидетельствует о потребности использования данных устройств в настоящее время. В данной статье были использованы данные патента №RU(11)187 159(13)U1.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <https://stroy-podskazka.ru/svarochnyj-apparat/agregatah/>
2. Федеральный институт промышленной собственности [сайт] / Сайт Роспатента. – Москва, 2023.–URL: <https://www1.fips.ru> (Дата обращения:31.03.2023)
3. Патент RU(11)187 159(13)U1Российская Федерация, МПК В23К 9/10, В60К 6/00. Мобильный сварочный агрегат. Патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью Торговая компания «Аэросани»

СПОСОБ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ ШТУЧНЫМИ ПОКРЫТЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Дорохов Федор Алексеевич, магистрант кафедры МБСП, e-mail:fedya.dor@gmail.com
Научный руководитель – Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,
e-mail: anast_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрен способ сварки, который включает выбор диаметра электродов в зависимости от толщины свариваемого металла и определенного вида слоя наплавляемых валиков, в дальнейшем происходит осуществление сварки с помощью этих валик на специально выбранном токе из допустимых значений для выбранных электродов.

Ключевые слова: сварка, электрод, валики, скорость, ток, дуга, шов.

Сложные конструкции, как правило, получают в результате объединения между собой отдельных элементов (деталей, агрегатов, узлов). Такие объединения могут выполняться с помощью разъемных или неразъемных соединений. В соответствии с ГОСТ 2601-74 сварка определяется как процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого. Неразъемные соединения, выполненные с помощью сварки, называют сварными соединениями. Чаще всего с помощью сварки соединяют детали из металлов. Однако сварные соединения применяют и для деталей из неметаллов-пластмасс, керамик или их сочетаний.

Для получения сварных соединений не требуется применения каких-либо специальных соединительных элементов (заклепок, накладок и т.п.). Образование неразъемного соединения в них обеспечивается за счет проявления действия внутренних сил системы. При этом происходит образование связей между атомами металла соединяемых деталей. Для сварных соединений характерно возникновение металлической связи, обусловленной взаимодействием ионов и обобществленных электронов [1].

Сварные соединения обладают рядом очень важных преимуществ, а именно:

- возможность получения герметичных соединений, способных работать в различных средах;
- по прочности сварные соединения не уступают применяемому металлу и способны выдерживать высокие статические и динамические нагрузки в условиях разной температуры и оказываемого давления;
- отсутствие ослабления сечений деталей отверстиями; - сравнительно низкая трудоемкость выполнения.

Трудоемкость получения сварных соединений часто ниже трудоемкости болтовых и клепаных соединений;

- широкие возможности механизации и автоматизации работ, что обеспечивает стабильность качества соединений.

При таком процессе сварки предварительно определяется зависимость времени плавления покрытой части электродов от тока дуги, а скорость сварки и ток дуги регулируются для обеспечения заданного поперечного сечения сварного шва.

В зависимости от заданного тока дуги и времени плавления будет рассчитываться и изменяться номинальная длина наплавляемых валиков, на основании соответствия полученной длины этих валиков, также корректируется скорость сварки. Использование такого способа позволяет сваривать в оптимальных режимах, что улучшает качество сварного соединения.

Способ ручной дуговой сварки заготовочными электродами с покрытием заданной марки, включающий выбор диаметра электродов в зависимости от толщины свариваемого металла и типа слоя наплавляемых валиков, а также выполнение сварки с использованием наплавки валиков током, из диапазон тока для выбранных электродов, характеризующийся тем, что зависимость времени плавления покрытой части электродов от тока дуги находится в пределах диапазона допустимых токов, а скорость сварки и ток дуги регулируются, обеспечивая заданное поперечное сечение сварного шва, при этом номинальная длина наплавляемых валиков рассчитывается по формуле и задают допускаемое отклонение длины наплавляемых валиков, причем на основании соответствия полученной длины наплавляемых валиков их номинальной длине регулируют скорость сварки.

$$L_H = V_C t,$$

где V_C – заданная скорость сварки, см/с, t – время расплавления покрытой части электрода, с.

Предлагаемый метод в основном относится к машиностроению и строительству, и может быть использован для ручной дуговой сварки и наплавки деталей электродами, для обучения сварщиков, сертификации и аттестации сварщиков, а также технологии ручной дуговой сварки электродами с покрытиями.

Известен способ ручной дуговой сварки штучными покрытыми электродами данной марки на выбранной полярности дуги, при котором используют диаметр электрода в зависимости от вида выполняемого слоя одностороннего сварного шва стыкового соединения труб с разделкой кромок и выбирают сварочный ток из заданного диапазона токов в зависимости от положения сварки [2].

Недостатком данного способа является то, что в технологии назначают не конкретное значение сварочного тока, на котором должна выполняться сварка, а широкий диапазон допустимых токов и не задается никаким образом скорость сварки. Это приводит к тому, что каждый сварщик выбирает удобные для него по технике выполнения валика ток и скорость сварки и при этом может не выдерживаться оптимальное сечение сварочного валика, например, при сварке корневого слоя шва и не выдерживаться оптимальное сочетание режимов сварки. Вследствие этого наблюдается высокая неоднородность свойств сварных соединений, выполняемых различными сварщиками и отклонение в большинстве случаев режима сварки от оптимального.

Технический результат предлагаемого способа заключается в повышении качества сварных соединений, выполняемых ручной дуговой сваркой штучными покрытыми электродами и в повышении стабильности этого качества, основан на том, что такие режимы ручной сварки, как скорость сварки и ток дуги назначаются точными как при автоматической сварке из условия получения оптимальных характеристик шва и обеспечиваются достаточно стабильными, приближающимися к стабильности автоматического процесса. Для этого используется предварительно полученная зависимость времени расплавления покрытия электрода

от тока дуги и установленная зависимость параметров соединения от скорости сварки при постоянстве погонной энергии сварки [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технология и оборудование сварки плавлением; под ред. А.И. Акулова. М.: Машиностроение, 2003. 501 с.
2. Технология металлов и сварка: учебник для вузов / П.И. Полухин, Б.Г. Гринберг, В.Т. Жадан [и др.]; под ред. П.И. Полухина. М., ЭКОЛИТ, 2011. 464 с.
3. Алешин Н.П., Лысак В.И., Лукьянов В.Ф. Современные способы сварки [Электронный ресурс]: учеб. пособие. Москва: 2011. <https://e.lanbook.com/book/106437>

РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ООО «СИБЭНЕРГОМАШ–БКЗ»

Ерофеев Никита Сергеевич, магистрант кафедры МБСП, e-mail:erofeev_nikita99@mail.ru
Научный руководитель – Киселев Вадим Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail:vadserkis@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Приведены применяемые виды неразрушающего контроля (НК) продукции, выпускаемой на заводе ООО «Сибэнергомаш-БКЗ». Проанализированы методики контроля и имеющееся оборудование НК на данном заводе. Кратко приведены предложения по усовершенствованию методик контроля, применению более современного оборудования, а также преимущества предложенных решений.

Ключевые слова: котельное оборудование, неразрушающий контроль, дефекты сварных соединений, качество изделия.

Котельное оборудование относится к опасным производственным объектам и, следовательно, тема повышение качества изготавливаемой продукции является актуальной в современное время. Одним из способов улучшения качества является разработка методик контроля, которая может заключаться как в применении новых видов контроля для данной продукции или же усовершенствования имеющихся [1-2].

Завод «Сибэнергомаш-БКЗ» производит водогрейные котлы теплопроизводительностью от 35 до 209 МВт и паровые котлы от 75 до 603 т/ч а также специальные котлы для промышленной энергетики.

Также на заводе занимаются изготовлением вспомогательного оборудования, комплектующих и запасных частей для котлов. А именно это барабаны котлов, коллекторы экранов, топки котлов, горелки газомазутные и пылеугольные, блоки пароперегревателей, экономайзеры котлов.

Данная продукция подвергается различным методам неразрушающего контроля, таким как визуальный, измерительный, ультразвуковой, магнитопорошковый и капиллярный.

Визуальному и измерительному контролю подвергаются 100% всех изделий. В целях улучшения качества, а также увеличения скорости контроля предлагается внести в методику контроля применение цифровых приборов для измерения размеров, а именно в первую очередь штангенциркуль, а также электронный шаблонов (Ушерова-Маршака и др.).

Для проведения магнитопорошкового и капиллярного контроля необходимо оборудовать специальные стенды для стока жидкости после проведения контроля. Для магнитопорошкового контроля рекомендуется заменить жидкий раствор на суспензию для повышения скорости работы, также для магнитопорошкового контроля предлагается провести замену старого оборудования на новое более легкое и удобное для использования в труднодоступных местах или неудобных из-за своей конструкции, например, контроля сварных швов внутри барабана, а также замены транспортной тележки на новую более современную и приспособленную для цеховых условий. Для проведения работ внутри таких

изделий как барабан необходимо приобрести средства для удобного проведения контроля, ведь обычно внутренний диаметр изготавливаемых на данном заводе барабанов не превышает 1600 мм. Следовательно, большому числу людей придется проводить контроль в полусидящем положении, поэтому рекомендуется применять специальные установки, фиксирующиеся по диаметру и необходимой высоте для принятия удобной позы для проведения магнитопорошкового и ультразвукового контроля внутри барабана и других изделий [3].

Для проведения ультразвукового контроля необходимо заменить уже устаревшие в ряде возможностей дефектоскопы УД4-Т «Томографик» на современные дефектоскопы, автоматически показывающие ряд параметров дефекта, такие как глубина залегания, а также примерные размеры дефекта, по которым можно предположить, что за дефект на данном сварном шве или в основном металле данного изделия. Под данный дефектоскоп необходимо закупить необходимые преобразователи и разработать карты контроля. Для увеличения скорости проведения ультразвукового контроля листов перед запуском в производство необходимо применение специальных преобразователей, имеющих больший размер и охват зоны контроля [4].

Для радиографического контроля необходимо собрать специальный бокс, опускающийся на такую глубину и имеющий такую защиту, которая позволила бы проводить другие работы на поверхности не боясь получить дозу радиационного облучения, поскольку в отсутствие данного бокса приходится проводить работы во время, когда отсутствуют рабочие на участке, что замедляет время изготовления данного изделия.

Исходя из всего ранее изложенного можно сделать вывод, что предложенные нами нововведения и методики могут заметно повысить контроль качества изделий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СТО ЦКТИ 10.002-2007 Элементы трубные поверхностей нагрева, трубы соединительные в пределах котла и коллекторы стационарных котлов [Текст]. – Введ. 30.07.2007. – 109 с.
2. СТО ЦКТИ 10.001-2005 Барабаны сварные стационарные котлов [Текст]. – Введ. 01.07.2006. – 51 с.
3. РД 34.17.302-97. Котлы паровые и водогрейные. Трубопроводы пара и горячей воды, сосуды. Сварные соединения. Контроль качества. Ультразвуковой контроль. Основные положения. дата введения 1997-03-01. – Москва: НПП Норма, 2021. – 70 с.
4. РД 2730.940.103-92 Котлы паровые и водогрейные, трубопроводы пара и горячей воды. Сварные соединения. Контроль качества [Текст]. - Введ. 01.01.1993. - 75 с.

СПОСОБ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ ТРУБ

Изотов Данил Алексеевич, магистрант кафедры МБСП, e-mail:Siniykot9@gmail.com
Научный руководитель - Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,
e-mail:anast_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной статье рассматривается способ лазерной сварки труб, описывается его суть и преимущества по сравнению с другими аналогами данного метода. Проведен поиск патентной документации на наличие современных технологий изготовления труб с помощью лазерной сварки.

Ключевые слова: труба, лазерная сварка, преимущества, суть метода, патентный поиск

Лазерная сварка - это сварка с использованием лазера в качестве источника энергии.

Сварка лазером используется для получения сварных соединений идентичных или же разнородных металлов. Она позволяет сваривать различные материалы с толщинами от нескольких микрометров до десятков миллиметров [1].

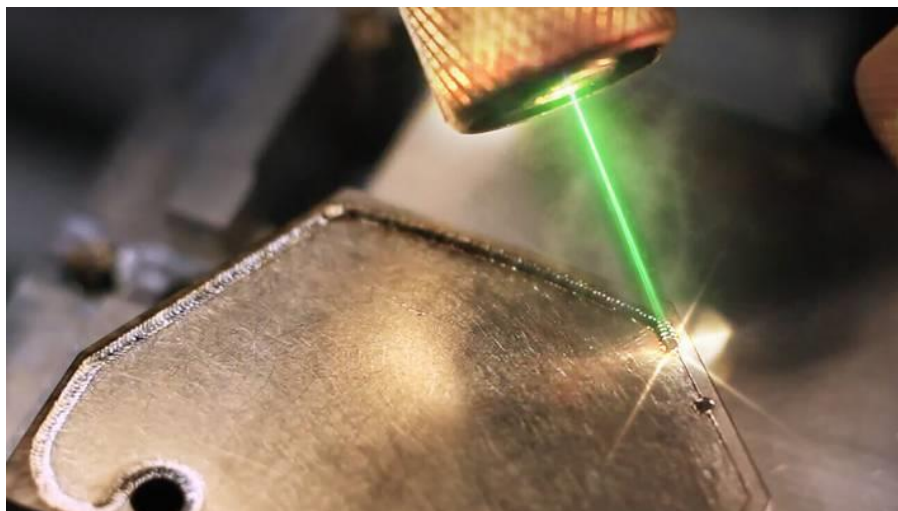


Рисунок 1 – Лазерная сварка

Наиболее известные методы лазерной сварки труб выполняются следующим образом. Труба, которую необходимо сварить, устанавливается в специальное приспособление. Для самого подходящего формирования сварного шва, стык выставляется вверху. Излучение от лазера идёт по системе для транспортировки на поворотное зеркало, при отражении от которого передается в фокусирующее устройство (объектив/линзу). В нем излучение концентрируется и идёт на продольное соединение трубы. Под воздействием данного излучения, на кромке шва образуется точка сплавления. Перемещая линзу и поворотное зеркало с помощью привода вдоль стыка трубы, образуется сварное соединение.

Управление положением сопла объектива над сварным соединением осуществляется специальным датчиком для контроля и приводом перемещения линзы и поворотного зеркала, которые объединены в единый узел, перпендикулярный продольному шву. При нарушении необходимого положения сварного соединения, специальный датчик подаёт сигнал на привод, который выполняет корректировку его положение.

Данные методы имеют следующие недостатки:

- для выполнения перемещений при отклонении стыка от нужного положения в процессе сварки, необходимо реверсивно перемещать массивную конструкцию, состоящую из фокусирующего устройства и поворотного зеркала. Это требует наличия достаточно мощного дополнительного привода с механической передачей.

- во время сварки, несмотря на контроль соединения в горизонтальной плоскости, луч постоянно направлен вертикально вниз, в то время, когда стык отклоняется по траектории трубы. В результате нарушается необходимое условие для качественного формирования сварного соединения.

В этой статье предлагается способ (рисунок 2), в котором лазерный луч направлен на свариваемое соединение через специальное устройство (поворотное), которое расположено перед устройством для фокусировки на расстоянии l , которое можно рассчитать по формуле 1:

$$l = F \left(1 + \frac{F}{R} \right), \quad (1)$$

где F фокусное расстояние;

R - радиус свариваемого элемента.

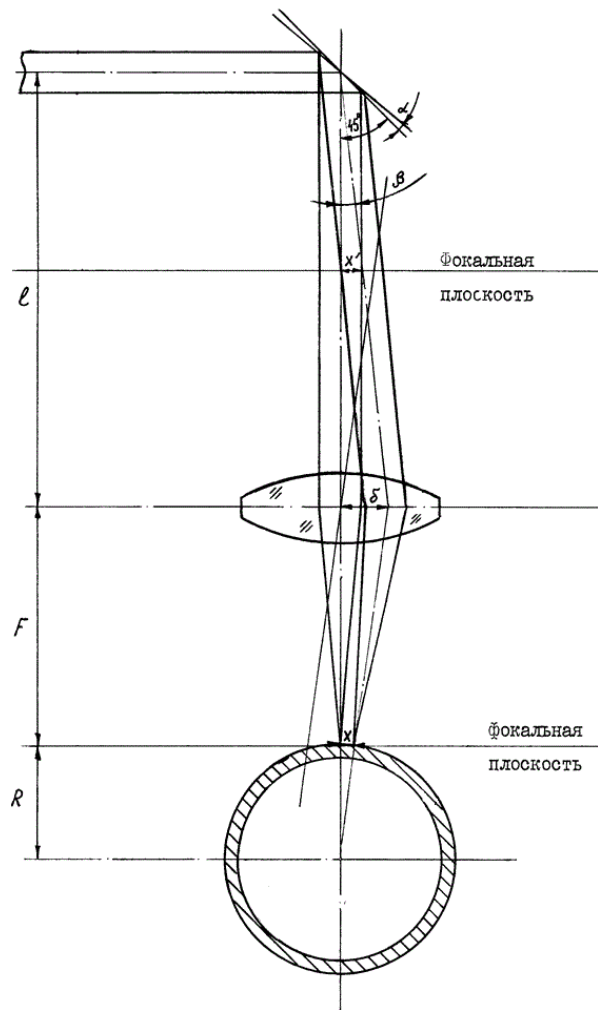


Рисунок 2 – Предлагаемый способ лазерной сварки труб

В этом случае угол поворота поворотного устройства зависит от отклонения сварного соединения X от необходимого нормального положения и считается по формуле 2:

$$\alpha = \frac{\arctg \frac{x}{F}}{2}, \quad (2)$$

Поворотным устройством, направляющим излучение в фокусирующее устройство, может быть абсолютно любое как плоское, так и имеющее определенный фокус устройство, элемент, позволяющий отклонять излучение: зеркало, призма и т.п. Технические результаты, получаемые при реализации данного метода заключаются в:

- подаче лазерного излучения, ось которого перпендикулярна плоскости, которой принадлежит точка соприкосновения детали с излучением в процессе сварки, позволяет формировать качественное сварное соединение независимо от отклонений.

- использование данного способа позволяет отказаться от мощного привода, перемещавшего в направлении, перпендикулярном сварному шву, вышеприведенную конструкцию.

Проведя анализ патентной документации на сайте Роспатента – Федеральный Институт Промышленной собственности [3], были найдены актуальные варианты изготовления труб с помощью лазерной сварки, что свидетельствует о потребности использования данного метода в настоящее время. В данной статье были использованы данные патента (19)RU(11)94030778(13)A1.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/Сварка_лазером.

2. Патент (19)RU(11)94030778(13)A1, Российская Федерация, МПК В23К 26/00. Способ лазерной сварки труб. Патентообладатель: Малое арендное предприятие «Технолазер».
3. Федеральный институт промышленной собственности [сайт] / Сайт Роспатента. – Москва, 2023.–URL: <https://www1.fips.ru> (Дата обращения:06.04.2023).

МЕТОДИКА НАНЕСЕНИЯ ДЕТОНАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТИТАНОВЫЕ ИМПЛАНТАТЫ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МЕХАНОКОПОЗИТОВ

Кошкарлов Иван Сергеевич, магистрант кафедры МБСП, e-mail:ivan.koshkarov.99@mail.ru
Научный руководитель – Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,
e-mail:anast_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Приведена технология получения биосовместимого покрытия для медицинских титановых имплантатов, на основе механокомпозита состава: гидроксипатит кальция-кобальт-хром-молибденовый порошок. Показано краткое описание технологии и преимущества компонентов покрытия.

Ключевые слова: биосовместимость, механокомпозит, напыление, имплантат, покрытие.

В современной медицине изготовлению имплантатов уделяется большое внимание, а именно имплантатам с высокой биосовместимостью. При изготовлении имплантатов решающую роль играет покрытие, для которого необходимо подобрать материалы с высокой биосовместимостью. Поэтому выбор правильных материалов является одной из главных задач. Выбираемые материалы не должны иметь свойств, негативно влияющие на организм человека, а также повышать физико-механические свойства покрытия.

В качестве материалов для изготовления биопокрытия были выбраны гидроксипатит кальция, CoCrMo – порошок, а также фенилтриметикон. Гидроксипатит кальция является наиболее распространенным компонентом биопокрытий, так обладает множеством полезных свойств и имеет высокую биосовместимость с костной тканью человека. Кобальт-хром-молибденовый порошок обладает высокими показателями эластичности, устойчивостью к износу и коррозии, а также хорошо поддается полировке. Фенилтриметикон обеспечивает повышение сцепления покрытия с тканями человека, а именно образованию в покрытие мелкозернистой структуры, а также создавая пленку на поверхности покрытия, что является «щитом», сдерживающим влагу на поверхности имплантата.

В качестве материала основы для покрытия использовались пластины из титана BT-1.0 размером 20×20×3 мм. Титан является широко используемым металлом в медицине, так как обладает высоким показателем биосовместимости, а также малотоксичен, устойчив к коррозии [1].

Далее осуществлялась очистка поверхностей заготовок от загрязнений и ее последующая пескоструйная обработка, мелким шлифпорошком Al_2O_3 по ГОСТ 3647-80, после чего проводился визуальный контроль качества обработанной поверхности. Далее полученная поверхность травилась кислотой $0,1HCl+0,8H_2SO_4+0,1H_2O$ и очищалась при помощи ультразвуковой мойки Elmasonic 515H [2].

Для получения механокомпозита использовалась планетарная шаровая мельница АГО-2С. Материалы композита смешивались в определенной пропорции и высушивались в муфеле при температуре 150-200 °С. Смешивание гидроксипатита кальция и кобальт-хром-молибденового порошков с добавлением небольшого количества фенилтриметикона проводилось в пропорции 50/50 (масса,%) и 70/30 (масса,%), наиболее оптимальным является первый вариант соотношения. Режимы механоактивации подбирались согласно технической литературе, где время проведения механоактивации составило 15 минут [1].

Нанесение покрытия производилось с помощью детонационно-газовой установки «Катунь-М». В процессе напыления через каждые 50 циклов проводился замер толщина по-

крытия, пока толщина покрытия не достигнет 100 мкм. Также определялось оптимальное расстояние от ствола установки до напыляемой основы, которое составило 7 см [1].

В результате напыления полученное покрытие обладает волнистым рельефом, который способствует успешной имплантации и четко просматривается граница между подложкой и сформированным покрытием.

Далее проводились испытания на адгезионную прочность. Исследования показали, что средняя адгезионная прочность покрытия из чистого гидроксиапатита составляет 33МПа. Среднее значение адгезионной прочности при соотношении композита 70%-гидроксиапатита+30%-CoCrMo (масса, %) с добавлением фенилтриметикона имеет адгезионную прочность 75МПа, что более чем в 2 раза выше по сравнению с покрытием из гидроксиапатита. А при соотношении 50%-гидроксиапатита+50%-CoCrMo (масса, %) с добавлением фенилтриметикона обладает адгезионной прочностью в 83МПа [3].

Исходя из это можно сделать выводы, что биопокрытия на основе композитной смеси имеют более высокую адгезионную прочность по сравнению с покрытиями из гидроксиапатита.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Попова А.А. Получение детонационных биосовместимых покрытий на титановые импланты из порошковых механокомпозитов состава: гидроксиапатит кальция – никелид титана. – Барнаул: дис. канд. техн. наук, 2016. 132 с.

2. Астахов Е.А., Краснов А.Н. Исследование технологических процессов детонационного нанесения покрытий из порошковых материалов. Защитные покрытия на металлах. – Киев: Наукова думка. 1971. 86 с.

3. Шаркеев Ю.П., Яковлев В.И., Гладких А.А., Легостаева Е.В., Уваркин П.В. Биопокрытие на основе гидроксиапатита, напыленное детонационно-газовым методом на титановую подложку. Тезисы докладов Международной школы семинара «Многоуровневые подходы в физической мезомеханике. Фундаментальные основы и инженерные применения». – Томск: ИФПМ СО РАН, 2008. 266 с.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГИБРИДНОЙ ЛАЗЕРНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ

Ку Даниил Евгеньевич, магистрант кафедры МБСП, e-mail:daniilku00@gmail.com

Научный руководитель – Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,
e-mail:anast_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрена полезная модель для удаления газообразных продуктов горения, образующихся в процессе гибридной лазерно-дуговой сварки. Устройство улучшает способность расплавления, снижает риск появления дефектов, таких как газовые поры и не сплавления, и предотвращает превышение температуры плавления, что может привести к образованию капель на обратной стороне свариваемых поверхностей. Все это дополнительно повышает качество сварного шва.

Ключевые слова: горелка, лазерно-дуговая сварка, дефекты.

Рассмотренное устройство позволяет эффективно удалять продукты горения, не ухудшая качество сварного шва. Устройство размещается над зоной сварочной ванны и состоит из кожуха, эжектора, дуговой горелки и лазерного луча. Кожух оборудован наклонным патрубком, который обеспечивает прохождение лазерного луча, а также двумя отверстиями – первое для проволокопровода газовой горелки и второе для соединения с эжектором.

Рассмотренное изобретение решает проблему, связанную с необходимостью эффективного удаления газообразных продуктов горения в процессе гибридной лазерно-дуговой сварки, при сохранении высокого качества сварного шва. Устройство, рассмотренное для

этой цели, позволяет достичь указанного технического результата. Более того, оно улучшает проплавляющую способность, снижает вероятность появления дефектов, таких как газовые поры и несплавления, а также предотвращает превышение температуры плавления и образование капель на обратной стороне свариваемых поверхностей, что еще больше повышает качество сварного шва.

Для достижения заявленного технического результата устройство для удаления газообразных продуктов горения при проведении гибридной лазерно-дуговой сварки предусматривает неподвижное размещение над зоной сварочной ванны и содержит кожух и эжектор. Кожух имеет наклонный патрубок, который позволяет лазерному лучу проходить через него, и два отверстия: первое для пропускания проволокопровода газовой горелки, а второе - для соединения с эжектором. Кожух может быть выполнен в форме полуцилиндра с закрытыми торцевыми частями, а наклонный патрубок может быть установлен с наклоном в сторону, противоположную расположению первого отверстия, а второе отверстие - максимально близко к краю торцевой части, со стороны, противоположной первому отверстию. Реализация такого устройства позволяет повысить эффективность удаления продуктов горения и улучшить качество сварного шва.

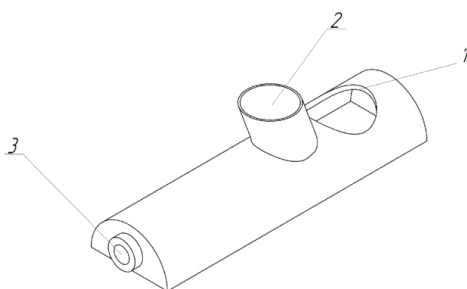


Рисунок 1 – Кожух

На рисунке 1 позициями 1-3 обозначены:

- 1 – первое отверстие, предназначенное для дуговой горелки ,
- 2 – наклонный патрубок, для прохождения лазерного луча в зону сварки ,
- 3 – второе отверстие для соединения с соплом эжектора.

Данное устройство включает в себя кожух и эжектор для создания зоны пониженного давления. Кожух оснащен двумя отверстиями: первое (отмечено цифрой 1) предназначено для пропускания проволокопровода дуговой горелки. Кожух имеет форму полуцилиндра и закрыт с торцевых сторон. Он снабжен наклонным патрубком 2, который наклонен в противоположную сторону от первого отверстия 1, и предназначен для прохождения лазерного луча в зону сварки. Второе отверстие 3 расположено на торцевой части кожуха на противоположной стороне от первого отверстия 1 и находится максимально близко к краю указанной торцевой части. Оно предназначено для соединения с соплом эжектора.

Первое отверстие 1 обладает внутренней резьбой, предназначенной для установки дуговой сварочной горелки, на которой находится наружная резьба, что позволяет крепить кожух на сопле горелки. Второе отверстие 3 оснащено резьбой и предназначено для установки цангового штуцера или резьбового соединителя, к которому подключен гибкий жаропрочный шланг, соединенный с эжектором. С помощью эжектора, через второе отверстие 3, происходит откачка воздуха, защитного газа, плазмы, паров металла и продуктов горения.

В результате работы устройства, создается область пониженного давления, что позволяет сдвинуть металл с задней стенки сварочной ванны в направлении сопла эжектора, и тем самым предотвратить захлестывание парогазового канала, что способствует более глубокому проникновению лазерного луча в металл. При этом область пониженного давления также предотвращает образование превышения проплавления (капель), что обеспечивает более качественное сращивание металла в сварочной ванне.

Для обеспечения неподвижного закрепления кожуха, можно использовать хомуты, скобы и другие подходящие приспособления.

Для использования данного устройства необходимо разместить его над зоной сварочной ванны. Затем, сварочную горелку необходимо подключить к первому отверстию 1, пропуская проволоку газовой горелки через первое отверстие 1. Для направления лазерного луча в зону сварки, необходимо направить его через наклонный патрубок 2. Эжектор следует подключить к второму отверстию 3, который служит для направления сжатого воздуха в пространство над сварочной ванной, ограниченное кожухом [1].

В сварочной головке конструкции, находящейся по направлению сварки за лазерным лучом, установлен эжектор. Это позволяет крепить кожух к конструктиву перед сваркой, при этом дуговая горелка и лазерный луч направляются сквозь отверстия в одну зону сварки, а к торцу подводится эжектор. Устройство для удаления газообразных продуктов гибридной лазерно-дуговой сварки фиксировано и покрывает зону сварки, при этом только трубная заготовка движется по ходу сварки. Благодаря тому, что отверстие для эжектора находится позади лазерного луча, защитный газ, выходящий из сварочной горелки, защищает сварочную ванну и затем откачивается вместе с остальными продуктами горения. Для откачки газообразных продуктов, которые могут негативно повлиять на качество сварного соединения, используется эжектор [1].

Гибридную лазерно-дуговую сварку осуществляют следующим образом: на свариваемые кромки трубной заготовки, которые собраны встык без зазора или с нормируемым зазором, предотвращающим проваливание лазерного луча и образование непроваров, наносят технологический шов с целью фиксации кромок. Затем эжектор создает поток воздуха для откачки газообразных продуктов во время сварки.

Для откачки газообразных продуктов, которые могут негативно повлиять на качество сварного соединения, используется эжектор.

Для выполнения гибридной лазерно-дуговой сварки на стык свариваемой трубной заготовки направляется дуговая сварочная горелка, которая выполняет несколько функций. Во-первых, она переплавляет технологический шов и расплавляет поверхностный металл, что облегчает прохождение лазерного луча. Кроме того, она выполняет функцию предварительного подогрева и вносит легирующие элементы. За дугой следует лазерный луч, который действует со сквозным проплавлением и перемешивает основной металл и присадочный металл электрода сварочной горелки.

Для обеспечения защиты сварочной ванны во время отсоса продуктов горения расход защитного газа в сварочной горелке увеличивается в 2-4 раза относительно стандартной сварки в защитном газе. При этом, чтобы откачать газообразные продукты сварки, которые отрицательно влияют на качество сварного соединения, используется эжектор. Это устройство создает поток воздуха во время сварки и направляет его для откачки газообразных продуктов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Патент RU 198 978 U1 Устройство для удаления газообразных продуктов горения при проведении гибридной лазерно-дуговой сварки. Патентообладатель: Публичное акционерное общество «Челябинский трубопрокатный завод» (ПАО «ЧТПЗ») (RU).

СПОСОБ РЕМОНТА РЕЛЬСОВ

Лисицын Дмитрий Анатольевич, магистрант кафедры МБСП,
e-mail:dmitriy.lisitsyn.2000@mail.ru

Научный руководитель - Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,
e-mail:anast_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрен способ ремонта рельсов железнодорожного пути без удаления продолжительного участка дороги. Описан процесс алюмотермитной сварки при ремонте участка железнодорожного пути, проведена сравнительная характеристика с классическим способом ремонта железнодорожного полотна.

Ключевые слова: алюмотермитная сварка, рельсы, железнодорожные пути.

Наиболее распространенным способом ремонта рельсов является метод, при котором рельсы стандартной длины (12,5 м или 25 м) с расположенным в них дефектом отсоединяются в узлах и удаляются. Новый рельс устанавливается вместо непригодного рельса. К недостаткам этого метода можно отнести большой расход металла и высокую трудоемкость [1].

Известен наиболее эффективный способ ремонта рельсов, при котором удаляют непригодные части рельсов и выполняют сварку без дефектов.

Этот метод можно использовать при восстановлении железнодорожных путей, не снимая их с пути. Вырезается неисправная часть пути. Ослабляются концы рельсов с обеих сторон. Поднимаются их на 1,0-1,5 мм и фиксируются в этом положении. Производят алюмотермитную сварку с промежуточным слоем полученных стыков. При длине дефектного участка более 70 мм вырезают участок рельса не менее 3 м. На его место устанавливают бездефектный кусок рельса. Техническим результатом является сокращение сроков ремонта и повышение качества восстанавливаемого участка рельса, а также снижение трудоемкости.

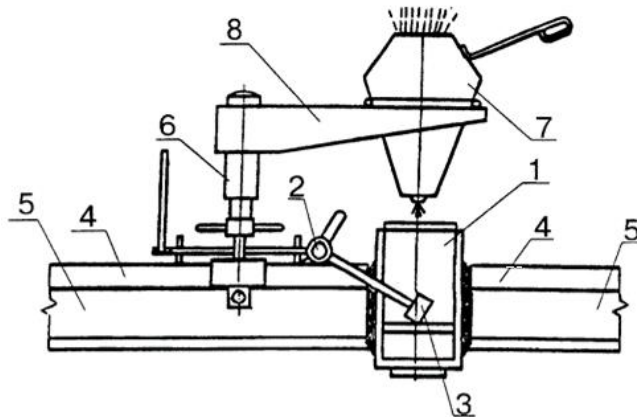


Рисунок 1 – Устройство для ремонта участка рельса

На рисунке 1 показано устройство для ремонта участка рельсов с использованием алюмотермитной сварки с промежуточным литьем.

Для удаления рельсов без снятия их с полотна железнодорожного пути используют мобильный способ алюмотермитной сварки.

Задачей этого изобретения является получение прочного участка детали, которая является такой же прочной, как основной участок пути, повышение качества сварного соединения и использование алюмотермитической сварки позволяет достичь лучших показателей по сравнению с классическим способом ремонта за максимально короткое время.

Расстояние между двумя концами ремонтируемых частей пути может достигать 70 мм. Оптимальный зазор для алюмотермитовой сварки промежуточного литья составляет 24-26 мм. Оба торца рельса необходимо сначала обработать металлическими щетками, абразивами или кислородно-ацетиловым пламенем с избытком кислорода, чтобы удалить ржав-

чину, пятна краски и жировые пленки. После этого два конца рельса соединяются алюмотермитной сваркой с промежуточным литьем.

Установка для сварки рельс состоит из следующих элементов: разъемная форма поз.1, которая состоит из двух полуформ. Две полуформы вставляются в держатель поз.2 в виде металлических рамок поз.3. Предварительно на одной полуформе литейный желоб заполняют мастикой, а на другой - убирают ослабленную стенку литейного желоба для отвода шлака и прикрепляют ковш для сбора шлака.

К месту соприкосновения рельс на головке поз.4 конца рельса поз.5 прикрепляют комбинированную стойку поз.6 так, чтобы держатели поз.7 полуформ и сами полуформы располагались соосно сварочному зазору.

На стойку поз.6 устанавливают газовую горелку с механизмом, с помощью которого горелка устанавливается соосно и точно.

Место соприкосновения формы с рельсами герметизируется формовочным материалом, который может быть использован, на основе каолина и асбестовой ваты.

Реакционный тигель поз.7 наполняют порцией алюмотермитного состава, устанавливают над формой поз.1 на кронштейне поз.8 комбинированной стойки поз.6 и поворачивают на 90 градусов в сторону от сварного зазора.

На редукторе горелки выставляется давление пропана 3,5 бар, кислорода 1 бар, затем горелка зажигают и повторно устанавливается на вспомогательную полку. Горелку с правильно отрегулированным пламенем перемещают в зону сварки рельсов, предварительно нагревают концы рельсов поз. Нагрев происходит равномерно и с необходимым временем, например, для рельса Р-65 - это 7 - 10 минут. За это время концы рельсов нагреваются примерно до 800 - 1500^ос. Эксперименты показали, что такой температуры достаточно для проведения качественной сварки, достигается необходимая прочность соединения концов рельсов, формируется один монолитный сварной рельс, как летом, так и зимой [2].

Горячая спичка вставляется в часть алюмотермитического состава и в тигель поз.7 он закрывается крышкой. После зажигания дозы алюмотермитного состава поз.14, протекают легирующие, рафинирующие и раскислительные реакции, в результате которых он нагревается до образования расплавленного сварного металла и через 20-28 секунд расплавленный сварной металл автоматически высвобождается из тигля 7 в съемную форму поз.1, в котором он заполняет сварное пространство снизу вверх.

В то время как изменяется физическое состояние расплавленного сварного металла, заполняющего сварной участок, происходит выделение газов и удаление шлаков из него.

Процессы кристаллизации длятся в течение 4,5-5, в зависимости от дозы алюмотермитического состава.

После того как металл шва затвердевает его прибыльная часть снимается с головки сваренного рельса режущим устройством, а затем поверхность сварного шва на головке рельса шлифуется до высоты примерно 1-1,5 мм над верхней частью головки рельса, а после полного остывания сварного шва весь он шлифуется с допуском 0,3 мм.

После зачистки шва с головки остаток сварного шва очищается от остатков материала формы.

Подъем концов рельсов на 1,0-1,5 мм и сварка их в таком положении позволяет добиться гладких концов рельсов вдоль головок рельса при алюмотермитической сварке.

В результате получается качественное сварное соединение рельсов, что подтверждается результатом проведенных экспериментов. Получаются прочные и долговечные сварные соединения рельсов, способные выдерживать значительно большие нагрузки и в течение более длительного периода эксплуатации.

Поэтому данный способ ремонта можно использовать при восстановлении поврежденного участка рельсов различной длины и с любыми характеристиками [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный институт промышленной собственности [сайт] / Сайт Роспатента. – Москва, 2022 – URL: <https://www1.fips.ru> (Дата обращения: 27.03.2022).
2. Патент № 212 424 С1 Российская Федерация, МПК В23К 23/00. Способ ремонта рельсов: №19319: заявл. 18.06.2004/ ЗАО «СНАГА». – Текст: непосредственный.
3. ГОСТ Р 51685-2013. Рельсы железнодорожные. Общие технические условия. – Москва, 2022: Дата введения 2014-01-07. – Москва, Стандартинформ, 2014.

СПОСОБ КОНТАКТНОЙ ШОВНОЙ СВАРКИ ТРУБЧАТЫХ ДЕТАЛЕЙ

Любых Егор Николаевич, магистрант кафедры МБСП, e-mail: egor.lub99@mail.ru
Научный руководитель - Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,
e-mail: anast_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрено техническое решение способа контактной шовной сварки трубчатых деталей, были сформулированы достоинства данного метода, которые заключаются в отсутствии деформации геометрической формы трубчатой детали и в получении качественного сварного соединения.

Ключевые слова: *трубчатые детали, контактный способ шовной сварки, оправка, электрод, деформация.*

Изготовления трубчатых элементов разной формы с помощью контактной шовной сварки. Сварка трубчатых элементов происходит следующим образом: трубчатая деталь 1 установлена на токоподводящей оправке 2 кромками вверх, после чего соединяют внахлест с помощью поджатия на верхнюю часть детали зажимами 3 и 4 с рабочими поверхностями, которые соответствуют профилю детали. Зажим 4 выполнен из изоляционного материала. Зажим 3 изготавливается из электропроводного материала. Зажим 3 электрически соединен с токопроводящей оправкой 2. После чего деталь 1 помещается между электродами 5 и 6, где зажим 3, который состоит из высоко электропроводящего материала, устанавливается на электроде 5, который перемещается относительно оси изделия. Зажим 3, изготовленный из высокопроводящего материала, устанавливается на электрод 5, который перемещается относительно оси изделия. Зажим 4 размещается на опорных роликах 7, которые установлены в противоположной стороне от электрода 5 на кронштейне 8. Далее с помощью электрода 6, кромки детали 1 сжимаются, ток проходит между электродами и образует продольный сварной шов. На рисунке 1 показана схема сварки плоской трубчатой детали.

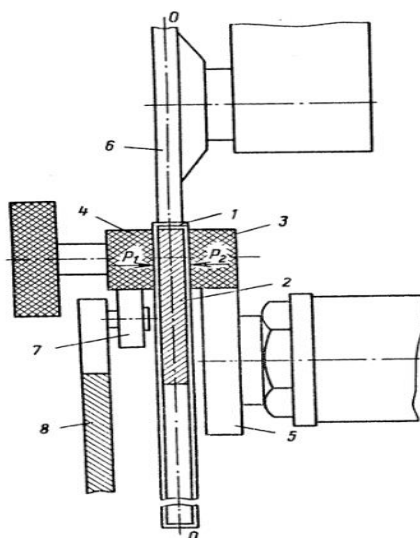


Рисунок 1 - Схема сварки плоской трубчатой детали

Существует способ контактной шовной сварки трубчатых деталей, где трубчатая деталь монтируется на токопроводящую оправку кромками вверх, после чего происходит соединение внахлест, деталь сплющивается и её помещают между электродами, кромки прижимаются друг к другу, ток проходит между электродами, деталь перемещается. Недостатком такого способа является деформация формы трубчатых деталей из-за сплющивания трубчатых деталей перед началом процесса сварки.

Очень похож к подобному решению способ контактной шовной сварки трубчатых деталей, где трубчатая деталь монтируется кромками вверх на монолитной токопроводящей оправке с профилем, которая полностью соответствует внутреннему сечению детали. Кромки соединяются внахлест, деталь с оправкой помещается между электродами, края сжимаются, ток проходит между электродами, и деталь перемещается.

Негативная сторона этого решения заключается в том, что сварочный ток от нижнего электрода подается на свариваемую деталь, а не на внутреннюю токопроводящую оправку, что приводит к усилению нагрева стенки трубчатой детали и, как следствие, к ее деформации. В то же время сильно изменяется поле тока и поле температур в зоне сварки, что является причиной ухудшения стабильности образования литой зоны и качества соединения.

В новом варианте при перемещении детали, собираемой на оправке, опорой является только один роликовый электрод. Потому в процессе сварки сборку требуется поддерживать собственными руками. Возможны изменения в направлении движения детали как в вертикальной, так и горизонтальной плоскости. Из-за этого может быть смещение шва по осевой линии, образование деформаций и искажение геометрической формы. В связи с этим очень трудно добиться высокого качества соединения при выполнении продольного шва.

Сборка кромок нахлестки выполняется вручную с использованием прихваток по всей длине шва, что значительно повышает трудоемкость изготовления детали.

Главными задачами изобретения ставится снижение трудоемкости, улучшение качества трубчатых деталей за счет предотвращения изменений их формы, расширение номенклатуры свариваемых деталей.

Это становится возможным из-за того, что оправка выполнена с профилем, которая полностью соответствует профилю верхней части сечения детали. Кромки соединяются путем прижатия верхней половины детали зажимами с рабочими поверхностями, соответствующими профилю детали. Один из зажимных приспособлений изготовлен из изоляционного материала, а другой - из высокоэлектропроводного материала, который соединен с оправкой. Когда при установке детали с оправкой между электродами, зажим из высокоэлектропроводного материала устанавливается на токопроводящем электроде, который будет перемещён относительно оси изделия. Зажим из изоляционного материала помещается на опорные ролики, который устанавливается на противоположной стороне токопроводящего электрода.

В результате поиска патентов, не было обнаружено подобного решения, и, следовательно, последнее имеют серьезные отличия, которые позволяют улучшить качество трубчатых деталей, избегая изменения их геометрической формы.

На рисунке 2 схематично представлен предлагаемый способ. Выполняется он следующим образом.

Трубчатая деталь 1 установлена на токоподводящей оправке 2 кромками вверх, после чего производится сборка путем зажатия на верхнюю половину детали зажимами 3 и 4 с рабочими поверхностями, соответствующими профилю детали. В этом случае зажим 4 изготовлен из изоляционного материала. Зажим 3 изготавливают из материала, имеющий большую высокоэлектропроводность. Зажим 3 электрически соединен с оправкой 2. После чего собранная деталь 1 с оправкой 2 помещается между электродами 5 и 6. Зажим 3 устанавливается на электроде 5, который перемещают относительно оси изделия. Зажим 4 размещен на опорных роликах 7, которые установлены на кронштейне 8 со стороны, противоположной стороне токопроводящего электрода 5. После этого кромки детали 1 сжимаются сварочным

электродом 6. Между электродами 5 и 6 пропускается ток, и деталь перемещается относительно сварочного электрода для образования продольного шва [1].

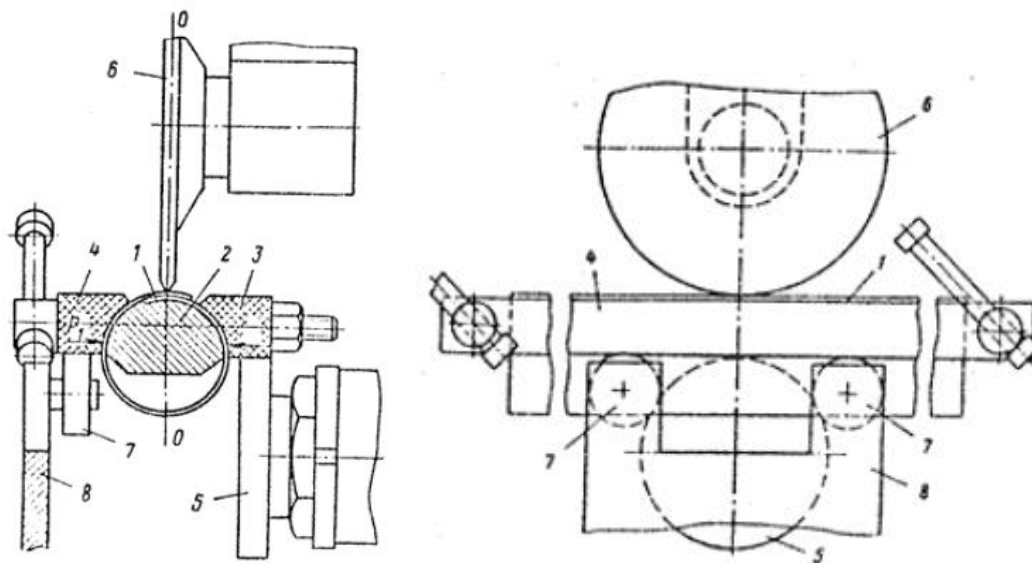


Рисунок 2 – Способ контактной шовной сварки трубчатых деталей

Положительные стороны этого решения - это отсутствие деформаций формы трубчатой детали, получение качественного сварного соединения благодаря исключению перегрева металла трубчатой детали.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Патент (19)SU(11) 1 792 553 (13) АЗ, МПК В23К 11/06, (1995.01). Способ контактной шовной сварки трубчатых деталей. Патентообладатель: Научно-производственное предприятие «Наука».

МОДЕРНИЗАЦИЯ СВАРНОЙ ОПОРНОЙ РАМЫ ШНЕКОВОГО МАСЛОПРЕССА «РОТОР»

Маленко Игорь Витальевич, студент кафедры МБСП, e-mail:imbirt@mail.ru
Научный руководитель - Щёткин Александр Игоревич, старший преподаватель,
e-mail:aleksandr.shetkin@inbox.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье будут рассмотрен способ модернизации опорной рамы шнекового маслопресса производства предприятия АПЗ «РОТОР». Для того чтобы оставаться в числе лидеров требуется постоянное улучшение конструкций, сварочного оборудования, технологии сварки и др. В качестве совершенствования производства будет предложен способ механизированной импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в защитном газе.

Ключевые слова: опорные рамы, сварные конструкции, шнековые маслопрессы, сварочное оборудование, импульсно-дуговая сварка.

Прессы масличных культур шнековые предназначены для отжима масел холодным способом из семян масличных сельскохозяйственных культур - подсолнечника, сои, рапса, льна, конопли, сафлора, горчицы и различных семян семена масленичных культур (Рисунок 1). В ходе работы такого пресса производится отделения жидкой части от зёрен, путем давления и значительном уменьшения расстояния от сжатия зерен, что и приводит к появлению масла. Основное количество масла, до 96% извлекается в первой и во второй ступней давле-

ния. Производительность такого маслопресса составляет от 80 до 300 т/сут переработки семян в масло [1].

Прессы применяются для трёх основных способов прессования:

- для однократного прессования;
- для предварительного прессования;
- для окончательного прессования (дожима).



Рисунок 1 – Шнековый маслопресс «РОТОР»

Опорная рама маслопресса представляет собой балочную конструкцию (Рисунок 2), которая выступает как основа для установки и закрепления с помощью болтовых соединений станины, так и вследствие закрепления рамы к окончательному месту, где будет располагаться маслопресс на предприятии. Рама воспринимает все внешние нагрузки при работе.

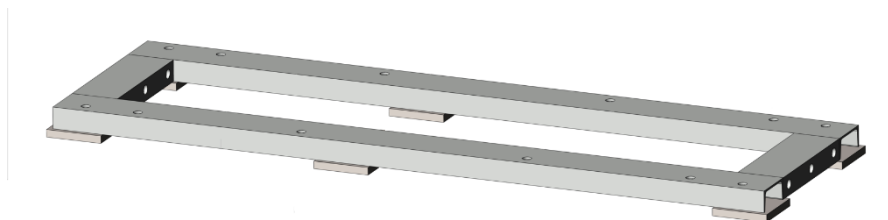


Рисунок 2 – Опорная рама маслопресса

Ввиду всего вышеперечисленного к раме предъявляется ряд требований: достаточная прочность сварных швов и жесткость, ведь вес при полной загрузке может составлять до 2 тонн, и выдерживать распространяющиеся вибрации от работы маслопресса; правильная форма, которая дает устойчивость всей конструкции при работе [2].

При изготовлении металлических конструкций применяют различные способы сварки, такие как ручная дуговая сварка, механизированная и автоматическая. В заводских условиях изготовление опорной рамы маслопресса осуществляются – механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитных газов. При механизированной сварке плавящимся электродом присутствует большое разбрызгивание металла из сварочной ванны, вследствие чего требуется механическая обработка от брызг. Может происходить некачественное формирование сварных швов, образовываться несплавления при не правильном выборе режимов сварки. Так же происходит существенное воздействие на зону термического влияния (ЗТВ), что приводит к деформациям. Для решения этих проблем предлагается использование импульсно-дуговую сварку плавящимся (ИДСП) электродом в защитном газе.

При этом способе отсутствует разбрызгивание металла, так как происходит управляемый перенос металла с частотой равной частоте импульса. Что позволяет перейти на струйный перенос металла в сварочную ванну (рисунок 3), образуя ровную и гладкую поверхность шва.

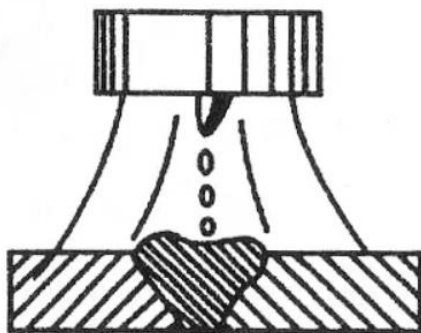


Рисунок 3 – Струйный перенос металла в сварочную ванну

Так же данный способ повышает производительность и значительно снижает сварочные деформации, высокая пространственная стабилизация, позволяет производить сварку в разных пространственных положениях, сваривать стыковые соединения с узкощелевой подготовкой кромок. Сущность данного способа сварки состоит в том, что скорость и количество вводимой в деталь теплоты определяются режимом пульсации дуги, который устанавливается в зависимости от свойств свариваемого металла, его толщины, пространственного положения шва и т.п. [3].

Исходя из выше сказанного, данный способ сварки удовлетворяет всем требованиям производства, которые были приведены, производить качественные сварные соединения в опорной раме маслопресса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Маслопресс «РОТОР»: [Электронный ресурс] - <https://apzrotor.ru/catalog/product/view/13/69>.
2. Николаев Г.А. Сварные конструкции [Текст]: [Учеб. пособие для машиностроит. вузов и фак.] / Г. А. Николаев, чл.-кор. Акад. Строительства и архитектуры СССР д-р техн. наук проф. - 3-е изд., перераб. - Москва: Машгиз, 1962. - 552 с. : ил.; 22 см.
3. Волченко В.Н. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т. II. Технология и оборудование. Спр*в- изд./Под ред. В.М. Ямпольского.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1996. 574 с.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕНОСНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ СБОРКИ И СВАРКИ ОПОР ТИПА ОПХ2

Невзоров Артем Владимирович, студент кафедры МБСП, e-mail:artem.22.00.33@mail.ru.
Научный руководитель - Мандров Борис Иванович, к.т.н., доцент, e-mail:polimerbim@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В настоящее время увеличиваются объемы выпуска сварных конструкций, в том числе и опор технологических трубопроводов, с помощью робототехнических комплексов. Опоры обеспечивают нормальную эксплуатацию технологических трубопроводов. На базовом предприятии используется способ общей сборки опор по разметке с выверкой, что увеличивает трудоемкость сборки опор и не вполне обеспечивает качество сборки, требуемое для робототехнического комплекса. Применение технологической оснастки при сборке на съемном модуле позволит собирать по три опоры и сваривать их без раскрепления на робототехническом ком-

плексе. Это позволит уменьшить трудоемкость сборки и достичь качества опоры без дополнительных исправлений.

Ключевые слова: технологический трубопровод, опора, робототехнический комплекс, неадаптивный робот, общая сборка, импульсно-дуговая сварка, узловая сборка, технологическая оснастка.

Для изготовления продукции, соответствующей требованиям потребителя к ее качеству, необходимо широко применять механизацию и автоматизацию производственных процессов, организовывать робототехнические комплексы (далее РТК) и гибкие автоматизированных производства (далее ГАП). Одним из перспективных решений этого направления в сварочном производстве можно считать применение РТК. По данным [1] более 30% выпускаемых роботов используется в сварочном производстве.

В тоже время, применение РТК при изготовлении сварных конструкций сдерживается рядом технических проблем:

- Сложностью сварных конструкций и недостаточной проработанность их технологичности.
- Высокой стоимостью и недостаточной надежностью адаптивных роботов, что обуславливает необходимость применения неадаптивных роботов с задаваемой на холостом ходу траекторией движения сварочной горелки.
- Низким уровнем качества заготовительного производства.
- Низким уровнем качества сборочных работ, в том числе и применение сборки по разметке с выверкой.

На предприятии ООО «Барнаулмеханомонтаж» РТК успешно применяется при изготовлении опор различного типа (рисунок 1) для технологических трубопроводов. Сварка опор производится неадаптивным роботом марки FANUC Robot ARC Mate 100iDiol. Конструкция опор на ООО «Барнаулмеханомонтаж» для РТК хорошо отработаны на технологичность, заготовительные операции - разделительная резка и гибка выполняются на оборудовании с компьютерным управлением, что обеспечивает получение заготовок с качеством, соответствующим требованиям сварки на РТК. В тоже время сборка опор для сварки на РТК в заводских условиях производится по разметке с выверкой для каждой опоры отдельно, без применения технологической оснастки, из-за этого впоследствии снижается точность сборки.

На отдельном рабочем месте скобу располагают на столе сварщика. Внутрь скобы, на одинаковом расстоянии от ее концов, помещается диафрагма. Делают две прихватки с помощью механизированной сварки в углекислом газе. Сборка на прихватках выполняется двумя рабочими (слесарем и сварщиком). После выверки собранный узел подают на планшайбу манипулятора и закрепляют его с помощью механического прижима на болтах.

На РТК оснащенным манипулятором, с помощью функции «тренировка робота», через начальную и конечную точку каждого участка сварного шва задается траектория сварки. По заданной траектории перемещения сварочной головки робота и указания пространственного положения Н1 манипулятором робота обеспечивается положение при сварке углового шва под углом 45° . Для наложения швов используется импульсно-дуговая сварка, обеспечивающая хорошее формирование шва и низкое разбрызгивание. Это позволяет уменьшить объем проведения зачистки внутренних поверхностей опоры. Сваренная опора раскрепляется и снимается с планшайбы манипулятора. На планшайбе закрепляется новая сборка опоры.

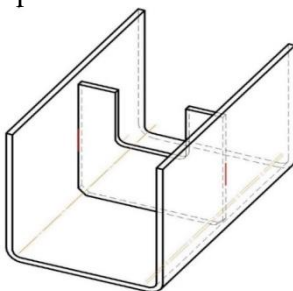


Рисунок 1 – Опора подвижная ОПХ2

Анализ заводского маршрута сборки и сварки опоры показал, что трудоемкий процесс поштучной общей сборки по разметке с выверкой, требующий подгонки из-за использования робота для сварки следует заменить на сборку опор в приспособлении на съемном модуле, близком по размерам с планшайбой манипулятора. На съемном модуле можно собирать по три опоры, что соответствует техническим возможностям манипулятора и робота. Съемный модуль выпускается серийно и может быть поставлен на ООО «Барнаулмеханомонтаж». Он должен быть доукомплектован прижимными пластинами на три позиции опор и быстрозажимными болтами. При сборке съемный модуль устанавливается на смарт столе, оснащенный установочными и закрепляющими элементами для фиксации диафрагм внутри скобы на время их сборки и прихватки. Вышеуказанные устройства остаются на смарт столе при снятии сборок опор на съемном модуле.

Для крепления съемного модуля на планшайбе манипулятора необходимо смонтировать переходную пластину с отверстиями быстрозажимных болтов. Время сборки и сварки трех опор примерно сопоставимо, поэтому непрерывную работу РТК могут обеспечить два съемных модуля. При таком подходе к работе РТК сборку трех опор в приспособлении может выполнять сборщик, обученный выполнять прихватки требуемого качества длиной от 15 до 20 мм. При этом практически в два раза повысится коэффициент загрузки сборочно-сварочного оборудования.

Выводы:

1. Показано, что сварочные роботы составляют более 30% всех выпускаемых роботов;
2. Замена заводского способа сборки опоры на сборку в сборочно-сварочной оснастке снизит трудоемкость сборки, уменьшит количество рабочих, а также повысит точность собираемой конструкции.
3. Сборку опор производить по три штуки на переносном модуле с наложением прихваток импульсно-дуговой сваркой
4. Сварку опор производить в переносном модуле, закрепляемом на планшайбе манипулятора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лукьянов В.Ф. Изготовление сварных конструкций в заводских условиях / В.Ф. Лукьянов, В.Я. Харченко, Ю.Г. Людмирский. - Ростов на Дону: Изд-во Феникс, 2009. – 315 с.

Порошковая проволока

Ремешевский Егор Максимович, магистрант кафедры МБСП, e-mail:remeshevsky@mail.ru

Научный руководитель - Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,
e-mail:anast_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной статье рассмотрен вариант изготовления порошковой проволоки с повышенной износостойкостью наплавленного металла. Описаны её назначение и состав; рассмотрены другие варианты производства данного вида проволоки, и приведена сравнительная характеристика их свойств с предлагаемым способом её изготовления. Выполнен поиск патентной документации.

Ключевые слова: порошковая проволока, назначение, состав, сравнительная характеристика, патентный поиск.

Порошковая сварочная проволока представляет собой нитевидный электрод в виде полой металлической трубки, которая заполнена специальным наполнителем, представленным смесью флюса и легирующих элементов.

Проволока порошкового типа имеет такой же внешний вид, как и традиционная сплошная проволока. Катушки с порошковой проволокой можно точно и быстро отличить

лишь по маркировке. Порошковая сварочная проволока имеет в названии буквы «ПП», а также «ПС» и «ПГ», в зависимости от подтипа.

Сварочная проволока с порошковой структурой имеет свои особенности применения. Наличие порошка оказывает заметное влияние на толщину и пространственное положение сварки, а также на определенные характеристики сварочного соединения [1].



Рисунок 1 – Порошковая проволока

Изобретение относится к металлургии и может быть использовано при электродуговой наплавке износостойких сплавов на детали дорожных машин, работающих в условиях интенсивного ударно-абразивного износа, например, зубьев ковшей экскаватора, ножей скребковых устройств. Предлагаемая порошковая проволока состоит из низкоуглеродистой стальной оболочки и порошкообразной шихты. Её состав приведён в таблице 1:

Таблица 1 – Состав предлагаемой порошковой проволоки

Компонент	Содержание, в %
Феррованадий	2,5 – 4,5
Карбид бора	0,5 – 1,0
Ферротитан	3 – 5
Феррохром углеродистый	8 – 12
Марганец	5 – 7
Нитрид бора	0,5 – 1,5
Феррониобий	2 – 4
Медь	2 – 4
Железный порошок	4 – 22,5
Стальная оболочка	остальное

Наплавка порошковой проволокой с данным составом шихты может производиться в аргоне, либо под флюсом. Металл, полученный предложенной порошковой проволокой, обладает высокой твердостью, при сохранении пластических свойств на достаточно высоком уровне, что позволяет значительно повысить износостойкость наплавленных деталей дорожных машин.

Для сравнения приведём несколько других вариантов изготовления сварочной порошковой проволоки [2]:

1) высокохромистая проволока для наплавки изделий, которые подвержены быстрому изнашиванию

Хром - 15-20%
Карбид бора - 5-10%
Малоуглеродистая оболочка -
остальное

Такая проволока обладает повышенной твердостью (67 HRC), что очень усложняет технологию наплавки;

2) высокохромистая проволока для сварки изделий, подверженных изнашиванию

Феррохром - 40-42%
Нитрид бора – 4-6%
Феррованадий – 5-7%
Ферротитан – 2-3%
Алюминий – 0,9-1,0%
Ферросилиций – 0,2-0,25%
Стальная оболочка - остальное

Такая проволока обеспечивает наплавленный металл хорошей твердостью (до 56HRC), но низкой ударостойкостью;

3) хромистая порошковая проволока для наплавки арматуры

Феррохром - 20-26%
Нитрид бора - 1-3%
Ферротитан - 1,1-1,8%
Алюминий - 1-1,4%
Карбид бора - 2-5%
Железный порошок - 5-17%
Стальная оболочка – остальное

При наплавке такой порошковой проволокой повышается износостойкость наплавленных элементов при работе в условиях повышенного трения. Твердость металла, наплавленного с помощью этого типа проволоки, достигает 60HRC. Он очень хрупок и обычно склонен к появлению трещин;

4) хромистая порошковая проволока с содержанием меди

Феррохром высокоуглеродистый - 8-13%
Ферротитан – 1-3%
Медный порошок – 4-8%
Феррохромбор – 12-17%

Газошлакообразующие:

Рутил – 1-3%
Кремнефтористый натрий – 0,5-1%
Оболочка из низкоуглеродистой стали -
остальное

Металл, который был наплавлен такой проволокой, имеет очень высокую твердость (66HRC), что значительно усложняет технологию наплавки с её последующей обработкой и склонен к появлению трещин.

5) хромистая проволока для электродуговой механизированных наплавки изделий с содержанием ниобия

Феррониобий – 14-16%
Феррохром – 6-9%
Графит – 1-2%
Ферротитан – 1-1,5%
Алюминий – 0,2-0,5%
Плавленый шпат – 1-2,5%
Рутил – 1-2%
Мрамор – 0,3-1%
Лента стальная - остальное

Металл, наплавленный такой порошковой проволокой, обладает недостаточной твердость (50HRC), поэтому не может обеспечить необходимую износостойкость и ударостойкость изделий.

Согласно приведенным выше характеристикам, можно сказать, что предлагаемый вариант производства порошковой проволоки обладает более подходящими свойствами для выполнения наплавки, по сравнению со своими прототипами.

Проведя анализ патентной документации на сайте Роспатента - Федерального института промышленной собственности [3] были найдены актуальные варианты производства порошковой проволоки, что указывает на необходимость использования данного вида сварочного материала в настоящее время.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <https://plavitmetall.ru/svarka/chto-takoe-poroshkovaya-svarochnaya-provoloka-samyepopulyarnye-marki-poroshkovoj-provoloki.html>.

2. Патент (19)RU(11)2739362(13)C1, Российская Федерация, МПК В23К 35/368. Порошковая проволока. Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет»(ОмГТУ).

3. Федеральный институт промышленной собственности [сайт] / Сайт Роспатента. – Москва, 2023.–URL: <https://www1.fips.ru> (Дата обращения:30.03.2023).

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВАРНОЙ КОНСТРУКЦИИ РУБИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Ридель Никита Александрович, магистрант кафедры МБСП, e-mail:nik.ridel.2000@mail.ru
Научный руководитель - Сейдуров Михаил Николаевич, к.т.н., доцент,
e-mail:seidurov@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им.И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Усовершенствована методика проектирования сварной конструкции рубительной машины на предприятии ООО «Завод «ЭНЕРГОТЕХ» (г. Барнаул). Проведен анализ базовой методики проектирования в соответствии с требованиями конструкторско-технологической документации. Выполнена отработка сварной конструкции на технологичность. Разработан технологический процесс сборки и сварки изделия. Рассмотрены методы управления качеством продукции. Для усовершенствования методики проектирования сварной конструкции станка серии «Триумф ЗНР-600» рекомендовано уменьшить объем испытаний за счет повышения уровня достоверности проектных решений в системе трехмерного моделирования.

Ключевые слова: рубительная машина, сварная конструкция, методика проектирования, трехмерное моделирование, отработка на технологичность.

Станок серии «ТРИУМФ ЗНР-600» предназначен для измельчения древесных отходов лесопиления и деревообрабатывающих производств: вершин и сучьев деревьев, горбыля, рек, брусков и пр., в щепу определенного размера [1]. Получаемая щепа может быть использована при изготовлении арболита, на приусадебных участках, при сжигании в газогенераторных и котельных установках и т.п.

Станок прост и надежен в эксплуатации при своевременном техническом обслуживании. В качестве привода станка могут использоваться:

- при стационарной установке – электродвигатель;
- при передвижной установке – вал отбора мощности (ВОМ) трактора, ДВС.

В настоящее время полный цикл проектно-конструкторских и производственно-технологических работ выполняется на предприятии ООО «Завод «ЭНЕРГОТЕХ» (г. Барнаул).

Целью работы является усовершенствование методики проектирования сварной конструкции рубильной машины в системе трехмерного моделирования, а также усовершенствование конструкции рубильного блока станка для запуска изделия в серийное производство.

На первом этапе с помощью системы «КОМПАС-3D» [2] проектируется трехмерная модель деталей и сборочных единиц изделия, оформляется конструкторская документация в соответствии с требованиями ЕСКД [3].

В данном изделии основным узлом является ротор с ножами, от которого зависит качество получаемой щепы, а также производительность самого станка. Конструктивно ротор с ножами состоит из вала (рисунок 1 и 3, поз. 1), к которому приварены два диска (рисунок 1 и 3, поз. 2) разной формы для того, чтобы обеспечить засасывание материала внутрь ротора. Опора ножей (рисунок 1 и 3, поз. 3) устанавливается между двумя дисками, далее на нее будет установлен держатель ножей (рисунок 1 и 3, поз. 4) с режущими ножами (рисунок 1 и 3, поз. 5). Для обеспечения выброса щепы между двумя дисками приварены лопатки (рисунок 1 и 3, поз. 6), а также к диску приварена обечайка (рисунок 1 и 3, поз. 7).

На втором этапе проектирования был произведен анализ конструкции ротора с ножами. В ходе анализа было предложено внести в конструкцию ряд конструктивных изменений, которые поспособствуют:

- 1) Исключить ошибку работников при сборке-сварке конструкции.
- 2) Упростить сборку-сварку держателя ножей.
- 3) Доработать конструкцию для улучшенного выброса щепы.

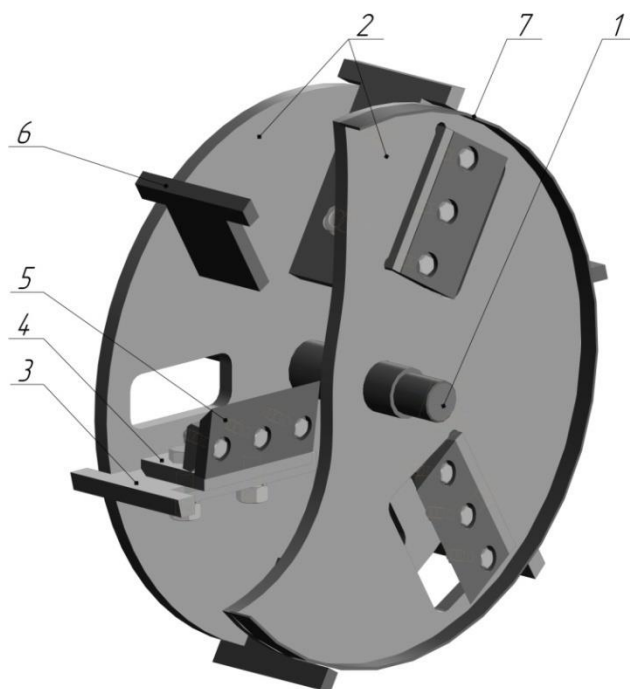


Рисунок 1 – Ротор с ножами до конструктивных изменений

После данного анализа в ротор с ножами были внесены следующие конструктивные изменения:

1) Диски ротора имеют различные технологические вырезы, поэтому неправильность их установки недопустима. Для того чтобы работник при сборке-сварке не смог их поменять местами, было принято решение посадочное отверстие диска на вал сделать разного диаметра, что исключает возможность неправильной установки дисков.

2) Для того, чтобы упростить сборку-сварку держателя ножей (рисунок 2, поз. 1), а также увеличить точность и скорость сборки и сварки, было разработано приспособление для сборки и сварки держателя ножей (рисунок 2, поз. 2). Данное приспособление позволяет

выставить детали под определенным углом. Данный угол необходим для правильности установки режущих ножей, от правильности угла во время сборки сварки напрямую будет зависеть качество и точность размера получаемой щепы.

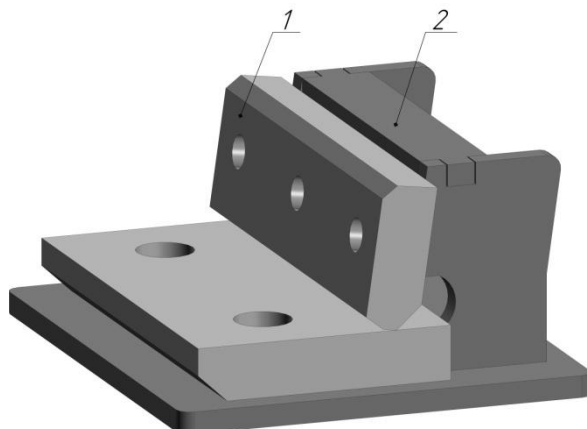


Рисунок 2 – Приспособление для сборки и сварки держателя ножей

3) Выброс щепы на прямую зависит от лопаток, для улучшения выброса щепы было принято решение изменить форму и толщину лопатки, а также для упрощения сборки добавлены шип-пазы. Благодаря данному соединению повышается скорость и качество сборки. Также в ходе анализа было принято решение убрать из конструкции обечайку, т.к. она может препятствовать выбросу щепы.

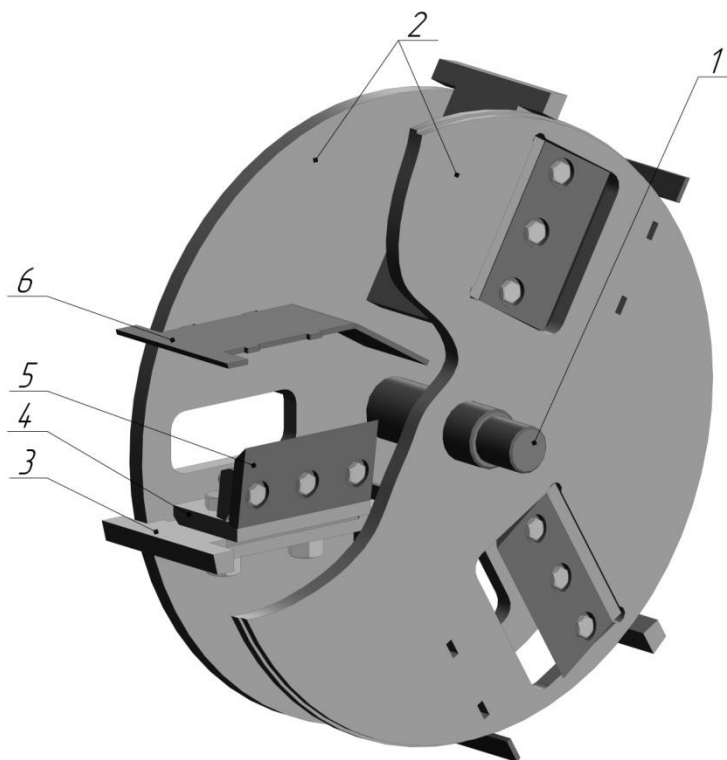


Рисунок 3 – Ротор с ножами после конструктивных изменений

Таким образом, применение системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D v20 [4] позволило усовершенствовать методику проектирования сварной конструкции рубильной машины. Был проведен анализ работоспособности и технологичности изделия, после чего выполнен ряд необходимых конструктивных изменений, что приводит к уменьшению ис-

пытаний и доработки опытных образцов в результате повышения уровня достоверности проектных решений и, следовательно, снижению временных затрат.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 12.2.026.0-2015. Оборудование деревообрабатывающее. Требования безопасности к конструкции (с Поправкой): дата введения 2017-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 39 с.

2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т.1 – Москва: Машиностроение, 2007. – 920 с.

3. Компас-3D. Система трехмерного моделирования. [Электронный ресурс] / URL: <https://kompas.ru/> (дата обращения: 09.04.2023).

4. Ридель Н.А. Особенности проектирования сварной конструкции деревообрабатывающего оборудования в системе трехмерного моделирования / Н.А. Ридель, М.Н. Сейдуров // Ползуновский альманах. – 2022. – № 4. Т. 2. – С. 107-110.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ОГОЛОВКА И БАЗЫ КОЛОННЫ К1-17.1

Сауков Александр Николаевич, студент кафедры МБСП, e-mail:stenle63@gmail.com

Научный руководитель - Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,
e-mail: anast_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной статье рассматривается анализ технологичности конструкции оголовка и базы колонны К1-17.1. В результате исследования приходим к выводу, что конструкция оголовка и базы является технологичной при условии разбивки базы и оголовка на подузлы, кантовки при сварке в положении Н1 и заказе проката с гарантией свариваемости.

Ключевые слова: оголовок колонны, база колонны, технологичность конструкции, свариваемость.

Технологичность изделия представляет собой совокупность свойств, которые дают возможность экономии материала, затрат труда на производство и ремонт, удобства во время эксплуатации при обеспечении высокого качества изделия. Анализ технологичности конструкции необходим для предопределения технологических проблем, а также для оценки дополнительных затрат при изготовлении конструкции или ее деталей.

Анализ технологичности конструкции подразделяется на два этапа:

1) Анализ свариваемости стали.

2) Анализ технологичности конструкции оголовка и базы К1-17.1.

Конструкция состоит из деталей, которые сделаны из конструкционной низколегированной стали марки 09Г2С [1]. Склонность материала к холодным может быть определена с помощью углеродного эквивалента C_3 . При расчете C_3 сопоставляется влияние химических элементов стали на образование холодных трещин с таким же влиянием углерода. Расчетное значение сравнивается с нормированным и при несоответствии делаются выводы о необходимости термической обработки изделия.

По ГОСТ 19281-2014 углеродный эквивалент определяется по формуле:

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \quad (1)$$

где C, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P - массовая доля элементов, приведенные в таблице 1.

$$C_3 = 0,12 + \frac{1,7}{6} + \frac{0,8}{24} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{40} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,12}{14} + \frac{0,03}{2} = 0,55\%.$$

Гарантия свариваемости для сталей класса прочности 345 нормирована углеродным эквивалентом C_3 по ГОСТ 19281-2014 [1]. Он не должен превышать 0,46%.

Исходя из этих значений, мы можем сделать вывод, что данная сталь склонна к образованию холодных трещин. Тогда, в этом случае, чтобы избежать дополнительную термооб-

работку сварных соединений необходимо поставлять прокат из стали 09Г2С с гарантией свариваемости, которую будут достигать путём изготовления и соблюдения требований по химическому составу.

База и оголовки имеют общие конструкторско-технологические признаки, поэтому они будут собираться и свариваться по одному маршруту.

Оголовки (база) колонны К1-17.1 состоит из следующих деталей:

Ребро жесткости – 4 шт.

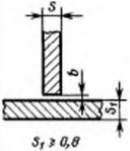
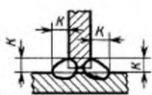
Траверса – 2 шт.

Опорная пластина – 1 шт.

В качестве первого подузла предлагается собирать траверсу с двумя ребрами жесткости с помощью прихваток. В собранном подузле с использованием кантовки в положение Н1 будут свариваться все доступные угловые швы тавровых соединений. Далее один первый подузел собирается на прихватках опорной пластиной, и образуют второй подузел. Все доступные угловые швы тавровых соединений сваривают с использованием кантовки.

В таблице 1 приведены стандартные геометрические параметры угловых соединений.

Таблица 1 – Размеры свариваемых соединений по ГОСТ 14771-76 [2]

Тип соединения	Форма подготовленных кромок	Характер выполненного шва	Форма поперечного сечения		Толщина свариваемых деталей, мм, для способов сварки	Условное обозначение сварного соединения
			Подготовленных кромок	Выполненного шва		
Тавровое	Без скоса кромок	Двусторонний			0,8-40,0	ТЗ

Все швы являются стандартными, по длине являются короткими. Сварка будет проходить за 1 проход при условии кантовки собранных подузлов в положение Н1. Это позволит сваривать швы катета до 8 мм.

В конструкции базы и оголовка используется ТЗ - тавровый тип сварных соединений со стандартными двусторонними угловыми швами без скоса кромок.

Вывод

Конструкция оголовка и базы является технологичной при условии разбивки базы и оголовка на подузлы, кантовки при сварке в положение Н1 и заказе проката с гарантией свариваемости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 19281-14 Прокат повышенной прочности. Общие технические требования: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации: дата введения 2014-28-03. – Москва: Стандартинформ, 2015 - 50 с. - Текст: непосредственный.

2. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Государственным комитетом стандартов совета министров СССР: дата введения 1976-28-07. – Москва: Стандартинформ, 2007 - 39 с. – Текст: непосредственный.

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА СБОРКИ И СВАРКИ ДВЕРИ ВЕСОПОВЕРОЧНОГО ВАГОНА СЕРИИ А-300 НА АО «АЛТАЙВАГОН»

Стеценко Сергей Алексеевич, студент кафедры МБСП, e-mail:stetsenko.sergey2104@mail.ru
Научный руководитель - Шевцов Юрий Олегович, к.т.н., доцент, e-mail:yuoshevtsov@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрен способ улучшения производительности процесса сборки и сварки двери весоповерочного вагона серии А-300. Описаны преимущества оборудования КЕМРПИ FastMig М 320, механизма подачи проволоки КЕМРПИ MXF 65 EL Wire feeder и проведена замена защитного газа. Проанализированы особенности данного оборудования. Все вышеперечисленное дает возможность снизить расход энергии, трудоемкость процесса и уменьшаются потери на разбрызгивание металла.

Ключевые слова: сварочное оборудование, защитный газ, особенности оборудования, технические характеристики, улучшение производительности, сравнение.

На АО «Алтайвагон» дверь весоповерочного вагона серии А-300 производится с помощью малопроизводительного, а также устаревшего сварочного оборудования, в связи с чем необходима его модернизация.

Так как необходимо улучшение общей производительности процесса сборки и сварки каркаса двери, считаю необходимо заменить сварочный выпрямитель ВС-600 и подающий механизм А-1197, а также углекислый защитный газ CO₂, используемые на предприятии, на инверторный источник питания КЕМРПИ FastMig М 320 с механизмом подачи проволоки КЕМРПИ MXF 65 EL Wire feeder и защитный газ состоящий из смеси газов (95%) CO₂ и (5%) O₂, что приведет к сокращению потерь на разбрызгивание на 10 %.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики аппарата КЕМРПИ FastMig М 320 и сварочного выпрямителя ВС-600 [1]

Характеристика	КЕМРПИ FastMig М 320	ВС-600
Пределы регулирования сварочного тока, А	15-320	100-700
Масса, кг	34	257
Напряжение холостого хода, В	50-58	60
ПВ, %	при 40 °С – 100	100
Габаритные размеры, мм (Д х Ш х В)	590 х 230 х 430	600 х 850 х 775

Сварочный полуавтомат КЕМРПИ FastMig М 320 предназначен для применения в сварочных цехах. Он выполнен с высоким качеством изготовления, его функциональные преимущества увеличивают продуктивность, точность и эффективность сварочных операций. Разработанные на современном этапе развития технические решения серии включают: во-первых, уменьшение потребления электроэнергии более 10 % нежели, чем обычные источники питания со ступенчатым регулированием. Во-вторых, с помощью электронного управления можно изменять и регулировать параметры сварки с механизма подачи проволоки даже в ходе сварочного процесса [2].

Основные особенности аппарата КЕМРПИ FastMig М 320:

- высокие сварочно-технологические свойства дуги при сварке в защитных газах;
- точное и чистое зажигание дуги;
- наличие 4 роликов на приводе механизма подачи сварочной проволоки;
- быстрое изменение полярности сварочных клемм;
- высокий КПД (коэффициент полезного действия);
- модульная конструкция, обеспечивающая быстрый ремонт в случае поломки;

- вспомогательный механизм подачи проволоки SuperSnake, обеспечивающий увеличенный радиус действия;
- жидкостное охлаждение;
- функция WiseFusion, обеспечивающая отсутствие подрезов;
- интуитивно понятный пользовательский интерфейс, благодаря чему легко настраивать параметры сварки;
- технология WiseThin позволяет сваривать короткой дугой, тонкие листы металла.

Технические характеристики источника питания KEMPPi FastMig M 320 приведены в таблице 2

Таблица 2 - Технические характеристики KEMPPi FastMig M 320

Характеристика	Значение
Напряжение питающей сети, В	380±15%
Диапазон регулировки сварочного тока, А	15...320
Диапазон регулировки напряжения, В	12-45
Напряжение холостого хода, В	50-58
Габаритные размеры ВхШхД, мм	590 x 230 x 430
Вес, кг	34
Класс защиты	IP23S
Диапазон рабочей температуры	-20...+40



Рисунок 1 – Сварочный полуавтомат KEMPPi FastMig M 320

Устройство подачи проволоки KEMPPi MXF 65 EL Wire feeder в комплекте со вспомогательным механизмом подачи проволоки SuperSnake GT02 позволяет подавать проволоку в закрытом корпусе на расстояние, до 25 м от механизма подачи проволоки. А 4 подающих ролика позволяют плавно подавать проволоку [3].

Технические характеристики устройства подачи проволоки KEMPPi MXF 65 EL Wire feeder приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Технические характеристики устройства подачи проволоки MXF 65 EL Wire feeder

Характеристика	Значение
Число роликов, шт	4
Тип охлаждения	Воздушное и жидкостное
Диаметр проволоки, мм	0,8...2,0
Габаритные размеры ВхШхД, мм	620 × 210 × 445
Вес, кг	11.1
Скорость подачи проволоки, м/мин	0...25



Рисунок 2 – Устройства подачи проволоки KEMPPi MXF 65 EL Wire feeder

Таким образом, выбранное оборудование позволяет уменьшить как расход энергии, так и увеличить производительность процесса сборки и сварки двери весоповерочного вагона. Более того, оно обеспечивает повышение общего качества сварного соединения путем снижения потерь на разбрызгивание.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сварочный выпрямитель: [Электронный ресурс] - <https://kpsk.ru/oborudovaniye/svarochnoe/elektro/vypryamiteli/poluvavtomat-avtomat/vs-600.html>
2. Сварочное оборудование: [Электронный ресурс] - http://kemppi.inwelding.ru/6132320_FASTMIG-M-320.html
3. Устройство подачи проволоки: [Электронный ресурс] - <https://k2tool.ru/catalog/5361-mehanizm-podachi-provoloki-kemppi-mxf-65-el-wire-feeder>.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СВЧ-ИНДУКТОРА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА МЕТОДОМ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

Топорков Андрей Игоревич, студент кафедры МБСП, e-mail:16a2001@mail.ru
 Научный руководитель - Собачкин Алексей Викторович, к.т.н., доцент,
 e-mail:sobalvi@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрен способ модернизации СВЧ-индуктора для механически активированного самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). В качестве основы для установки взят индуктор СВЧ БА фирмы Мосиндуктор, который был доработан для возможности проведения СВС в определённых условиях, которые необходимы для проведения синтеза порошковых материалов интерметаллидного класса.

Ключевые слова: интерметаллид, механическая активация, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, порошковая смесь.

Для развития современных технологий необходимо внедрение новых материалов, которые обладали бы эффективными свойствами. Такими материалами могут служить интерметаллиды – это материалы, состоящие из комбинации различных металлов. Интерметаллиды обладают уникальными свойствами, которые могут быть использованы в различных областях промышленности, машиностроения, строительства и др. Их использование в промышленности могло бы помочь эффективнее решать поставленные задачи, уменьшить трудоёмкость, а также увеличить срок эксплуатации оборудования.

Одним из таких интерметаллидов является алюминид титана. Алюминид титана – это чрезвычайно легкий интерметаллический, перспективный сплав, который синтезируют для замены суперсплавов на основе никеля.

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез - экзотермический химический процесс типа горения, протекающий в автоволновом режиме в смесях порошков и приводящий к образованию полезных конденсированных продуктов, материалов и изделий. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез представляет собой режим протекания экзотермической реакции, в котором тепловыделение локализовано в узком слое и передается от слоя к слою путём теплопередачи [1].

Синтезировать алюминид титана классическим способом СВС, при котором порошки помещают в установку и в них инициируется синтез (режим послойного горения и режим теплового взрыва) невозможно, так как алюминий и титан в таком случае не будут взаимодействовать друг с другом – реакции не будет, следовательно, синтезировать алюминид титана не будет возможности. В этом случае применяют технологию механического активирования порошковой смеси перед синтезом с целью повышения реакционной способности порошковой смеси. В последнее время отечественные и зарубежные специалисты большое внимание уделяют достаточно доступным способам получения материала в высоковозбужденном состоянии, пригодным как для получения материала матрицы, так и для получения упрочняющей фазы в композиции. Одним из таких способов является способ высокоэнергетической механоактивации порошковых систем [2].

Механическая активация достигается путём смешивания порошковой смеси в шаровой мельнице (рисунок 1)

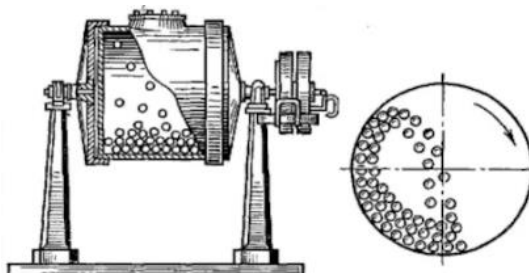


Рисунок 1 – Получение механически активированной смеси

Методика получения заключается в следующем. Смесь приготавливалась сухим смешением исходных компонентов в требуемых весовых пропорциях, а затем проводят механическую активацию реакционных смесей в шаровой планетарной мельнице.

Далее полученную механоактивированную смесь оправляют в установку СВС, где, по окончании процесса, получается готовый интерметаллид в виде порошка, который в дальнейшем можно применять в качестве материала для нанесения покрытий [3].

Для того чтобы провести синтез к установке должны быть выдвинуты следующие требования, а именно:

- 1) Установка должна обеспечивать вакуум.
- 2) Обеспечивать возможность откачки воздуха.
- 3) Обеспечивать возможность заполнения и поддержания инертной среды (аргоновая).

Базовая установка не удовлетворяет необходимым требованиям, поэтому её необходимо доработать.

В качестве основы для установки СВС взят индуктор СВЧ 6А фирмы Мосиндуктор, который и будет модернизирован для возможности реализации синтеза алюминидов титана (Рисунок 2).



Рисунок 2 – индуктор СВЧ 6А фирмы Мосиндуктор

СВЧ индуктор - это оборудование, в основе работы которого лежит высокотемпературная обработка металлических изделий под воздействием токов высокой частоты. Токи высокой частоты работают благодаря двум основополагающим законам физики о трансформации электрической энергии. Это законы Фарадея-Максвелла и Джоуля-Ленца. Попадая в индуктор, электрическая энергия набирает огромную мощность, превращаясь в электромагнитное поле. Вихревые токи электромагнитного поля, образовавшегося вокруг индуктора, проникают в металл, который должен быть размещен в непосредственной близости с индуктором (в идеале внутри него). В металле вихревые токи преобразуются в тепловую энергию, осуществляя термообработку [4].

Модернизации индуктора СВЧ 6А будет включать в себя следующие элементы (рисунок 3).

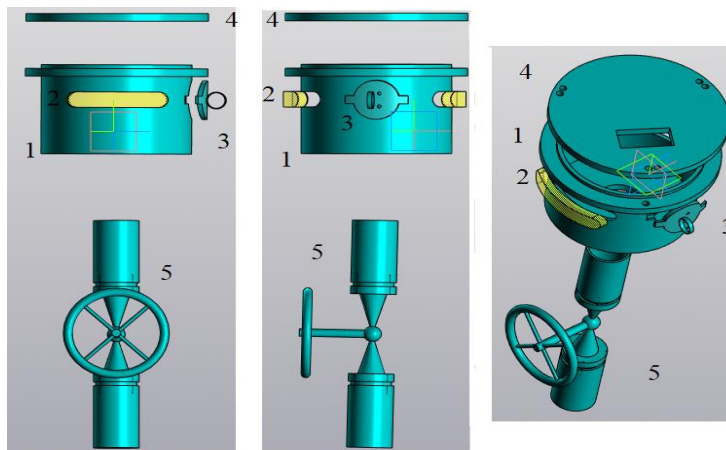


Рисунок 3 – Схема модернизации установки для реализации СВС

1) Герметичный колпак, необходимый для поддержания инертной среды, в которой будет производиться синтез алюминидов титана.

2) Берилловые окна необходимы для возможности контроля процесса за счет прохождения через них излучения.

3) Окно для камеры необходимо для слежения за процессом;

4) Крышка необходима для герметичности колпака;

5) Кран с вентилем необходим для обеспечения возможности откачки воздуха и заправки инертного газа.

Сначала устанавливается колпак (позиция 1) к колпаку с помощью замка с застежкой устанавливается крышка (позиция 4).

Далее в колпак через отверстие крышке (позиция 4) помещается СВЧ индуктор. Берилловые окна (позиция 2) крепятся на колпак с помощью клея, камера (позиция 3) устанавливается на колпак с помощью шипового соединения. Кран с вентилем (позиция 5) устанавливается на днище колпака с помощью сварки.

После сборки данной оснастки можно использовать установку для синтеза алюминидов титана. Данная установка удовлетворяет всем требованиям, которые были предъявлены выше.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Режим послойного горения: [Электронный ресурс] - http://tm.spbstu.ru/Посысаев_Сергей._Самораспространяющийся_высокотемпературный_синтез
2. Механически активированный СВС: [Электронный ресурс] - https://studopedia.ru/2_101486_metod-svs.html
3. Методика синтеза порошковых алюминидов титана: [Электронный ресурс] - https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.f09c6c70-63dcb014-10777a08-74722d776562/https/www.sciencedirect.com/topics/materials-science/titanium-aluminide
4. Фирма оборудования мосиндуктор официальный сайт: [Электронный ресурс] - <https://mosinductor.ru/productsiya/tvch-ustanovki/sverkhvysokochastotnye/>

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РАБОТ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТУЛКИ И АНТИКОРРОЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ

Федоров Артём Вячеславович, магистрант кафедры МБСП, e-mail:tema_19919@mail.ru
Научный руководитель - Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,
e-mail:anast_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Предложен способ получения сварных соединений систем трубопроводов с повышенными эксплуатационными свойствами, с использованием специальных уплотнительных втулок и антикоррозионного покрытия. Представлено обоснование экономической эффективности предложенного технологического решения для сварки труб, работающих в агрессивных средах.

Ключевые слова: сварка, сборка, защитное покрытие, герметизация, изоляция.

Технология распространяется на область изготовления трубопроводов для транспортировки жидкостей и газов стыковой сваркой. Способ включает в себя следующие сведения и операции:

1. Подготовку свариваем кромок металлических труб путем их механической обработки и зачистки от ржавчины, масел, влаги.
2. Нанесение на внутреннюю поверхность в зоне свариваемых кромок специального защитного покрытия.
3. Установка на внешней поверхности труб уплотнительные втулки, обеспечивающие термоизоляцию и герметичность слоев.

Втулка имеет форму цилиндра, со стороны торца ее необходимо развальцевать до образования конических участков. На наружной поверхности втулки необходимо жестко зафиксировать не менее трех Г-образных элементов упора, равноудаленных от центра радиальной плоскости. На наружной поверхности цилиндрического участка втулки равномерно по периметру от торцов устанавливаются и жестко закрепляются кольцевые элементы. Для обеспечения плотности свариваемого участка используются кольцевые неармированные резиновые уплотнители. Внутренняя поверхность втулки (конич. и цилиндр.) обрабатывается специальными защитным покрытием.

Слой термоизоляции жестко закрепляется на наружной поверхности цилиндра втулки между торцами кольцевых элементов, а слой герметизации наносят на внешнюю коническую поверхность втулки. При установке втулки внутрь труб необходимо кромки труб совместить с г-образными упорами с обеспечением плотного контакта с кольцевыми резиновыми уплотнителями, а также с защитным покрытием. Сварные соединения выполняются ручной или МП сваркой, с получением сварной зоны, свыше нормального сечения стыкуемых труб, после сварки, сварные стыки подлежат охлаждению до температур окружающей среды [1].

Технология обеспечивает долгосрочную эксплуатацию систем трубопроводов благодаря изоляции поверхности сварных швов от опасного воздействия агрессивных сред.

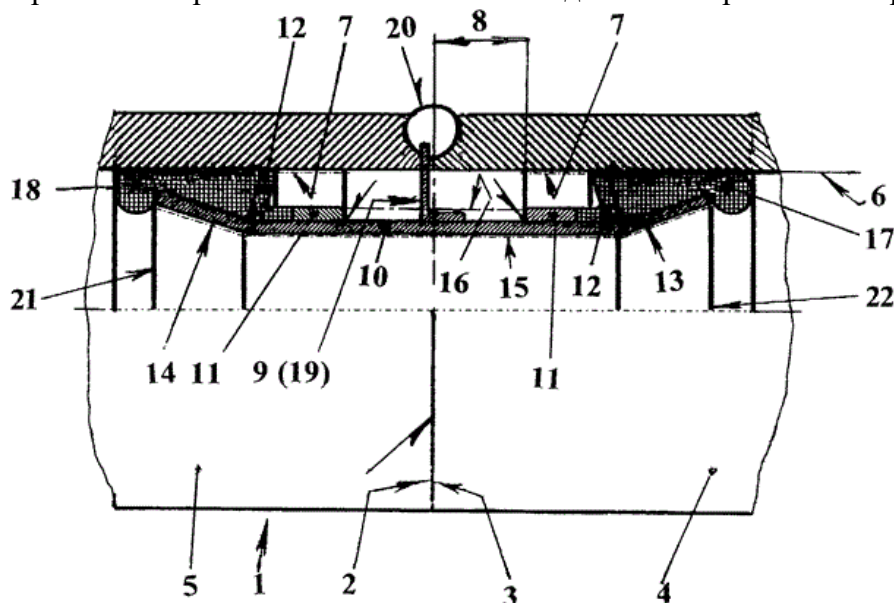


Рисунок 1 – Чертеж продольного сечения сварного соединения трубопроводов с использованием изоляционной втулки и антикоррозионного покрытия

Устройство распространяется на область проектирования сварных соединений систем трубопроводов, используемых при транспортировке жидкостей и газов, при давлении не выше 18 Мпа.

Идея технологического решения заключается в обеспечении изоляции сварного соединения от агрессивного воздействия сред, увеличения долгосрочности качества сварного соединения, исключение возникновения грата в стыкуемых участках.

На рисунке 1 изображено продольное сечение сварного соединения трубопроводов : СВ (1); торцы (2 и 3); трубы (4 и 5); внутренняя поверхность (6); защитное покрытие (7); осевое расстояние (8); упоры (9, 19); втулка (10); кольцевые элементы (11); резиновые уплотнения (12); околоторцовые зоны (13 и 14); защитное покрытие (15); термоизоляционный слой материала (16); слой герметизирующего материала (17 и 18); свариваемая зона (20); торцы (21 и 22).

Описание процесса получения сварного соединения трубопровода:

Процесс получения сварного соединения трубопровода, включающий в себя подготовку свариваемых кромок путем механической обработки и зачистки от ржавчины, масел, влаги, нанесения специального защитного покрытия, установки втулки с внутренней стороны свариваемых труб, втулки с уплотнительными элементами, слоев термоизоляции и герметизации достигается следующими положениями:

1. специальное защитное покрытие (7) на внутреннюю поверхность (6) свариваемых труб (4 и 5) наносят на расстоянии (8) от их торцов (2 и 3) с образованием в зоне нанесения термически разгруженной зоны. Расположенную внутри труб (4 и 5) втулку (10) выполняют в форме цилиндра, а ее околоторцовые зоны (13 и 14) развальцовывают до образования участков конических формы;

2. на наружной поверхности уплотняющие втулки (10) (половина ее длины) жестко фиксируют не менее чем тремя г-образными упорами (9), равноудаленными от центра, или г-образным кольцевым упором (19), предназначенным для установки центров масс;

3. на наружной поверхности цилиндра втулки (10) равноудаленно от кромок (21 и 22) устанавливают и жестко закрепляют кольцевые элементы (11), в качестве уплотнительных элементов используют кольцевые неармированные резиновые уплотнения (12) на внутреннюю поверхность (6) цилиндра и сопряженных с ним конических участков втулки (10);

4. втулку (10) необходимо установить с внутренней стороны свариваемых элементов (4,5) и г-упорами (9) с достижением плотного контакта между стыкуемыми кромками труб и г-подобными упорами, для обеспечения плотного контакта между резиновыми уплотнителями (12) и специальным защитным покрытием(7), торцами (21,22), кольцевых (11) и конических участков втулки(10).

5. выбор сварочных материалов при данной технологии выбирается исходя из материала свариваемых труб, сварку выполняется ручной дуговой или МП способами, с получением сварной зоны, превышающей площадь нормального сечения соединения труб, после сварки сварное соединение необходимо охладить до температуры окружающей среды.

Пример выполнения способа получения сварного соединения трубопровода.

Производственная эффективность предлагаемого решения основано на модернизации узлов сварных швов, улучшения их характеристик благодаря защите их от воздействия агрессивных сред (коррозии).

Экономическая эффективность внедрения заключается в увеличении эксплуатационного срока швов трубопроводов в 3-4 раза при воздействии на него агрессивных сред, что, в свою очередь, ведет к уменьшению затрат на ремонт и реконструкцию систем трубопроводов, работающих в агрессивных средах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Якобсон С.С., Курносова Н.Д., Ворновицкий И.И., Гинзбург Г.М., Зислин Г.С., Корольков П.М., Урман Н.С., Хапонен Н.А., Хромченко Ф.А., Шельпяков А.А., Шефель В.В. РД 153-34.1-003-01 СВАРКА, ТЕРМООБРАБОТКА И КОНТРОЛЬ ТРУБНЫХ СИСТЕМ КОТЛОВ И ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ МОНТАЖЕ И РЕМОНТЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ. Москва. 2002 г.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА СБОРКИ И СВАРКИ ГЛАВНОГО ПАРОПРОВОДА НА ТЭЦ-2

Хворов Станислав Сергеевич, студент кафедры МБПС, e-mail:Khvorov228@gmail.com

Научный руководитель - Киселев Вадим Сергеевич, к.т.н., доцент,

e-mail:svarka-biznes@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Определение паропровода. Модернизация маршрута. Модернизация технологического маршрута сборки и сварки главного паропровода. Обоснование и актуальность темы исследования. Выбор сварочного оборудования. Выбор технологической оснастки. Обоснование выбора сварочного оборудования. Обоснование выбора технологической оснастки. Точность сборки и сварки паропровода. Постановка цели и задач исследования.

Ключевые слова: Технологический маршрут, сварочное оборудование, технологическая оснастка, центратор, точность сборки и сварки, паропровод.

Паропровод - инженерное сооружение для транспортировки пара от места производства или распределения к конечному потребителю. Чаще всего данная система трубопроводов (паропроводов) относится к внутренним системам т.е. не выходят за пределы территории производства. Подразделяют два вида паропроводов – главный (магистральный) и отводы от него. Так как паропроводы эксплуатируются под относительно большим давлением, то и требования к качеству сборки, сварке и контролю качества данной конструкции будут применяться наивысшего класса [1].

Паропроводы важная часть котельного оборудования и для выполнения своих первичных функций паропровод должен обладать следующими функциями:

- устойчивость к высоким температурам от 115 до 560 °С;
- устойчивость к давлению от 1,6 до 80 МПа;
- полное отсутствие швов вдоль тела трубы;

- высокая коррозионная стойкость и сопротивление к механическим, климатическим и химическим воздействиям;

Актуальность данной работы состоит в том, чтобы уменьшить затраты на изготовление конструкции главного паропровода ТЭЦ–2 АО «Барнаульская генерация» - «Барнаульская ТЭЦ-2», за счет модернизации маршрута технологического процесса ее сборки и сварки.

Данный главный паропровод имеет следующие характеристики:

- Материал сталь марки 15X1M1Ф. Химический состав по ТУ 14-3P-55-2001.

Данная сталь поставляется без гарантии свариваемости.

- С диаметром 273 и толщиной стенки 36 мм.

- Рабочая температура 560 °С перегретого пара и давление 13,7 МПа;

Паропровод выполняет функцию переноса, перегретого пара температурой 560 °С из пароперегревательной камеры в поперечный паропровод, который в свою очередь, доставляет перегретый пар в турбинный отсек. Из-за важности данного паропровода требования к контролю качества предъявляют высокого класса. А именно контроль при поступлении труб от завода изготовителя, неразрушающий и разрушающий контроль качества контрольных образцов, контроль при сборке и сварке паропровода, а также после сварки стыков. После сварки измеряют твёрдость, выполняют полный Визуальный и измерительный контроль, полный Ультразвуковой контроль и полное стилоскопирование металла шва. Для прохождения по всем видам контроля необходимо качественное сварочное оборудование и технологическая оснастка [2].

Сборка и сварка паропровода происходит в монтажных условиях в цеху. Подъём и удержание труб происходит за счёт мостового крана. Но на данный момент для сборки паропровода применяется внешний цепной трубный центратор EZSCC 12. Сама по себе идея использовать цепной центратор не плоха, но не является лучшей идеей. Т.к. стоимость такого центратора относительно не велика, но в случае если сборка и сварка с его помощью пройдёт неправильно стоимость ремонта может отбить желание экономии на технологической оснастке. Моё предложение в использовании следующего вида центратора ЦНЭ27-32 (центратор наружный эксцентриковый диаметром 273-325). Данный вид центратора обеспечит надёжность и точность сборки, а также простоту и быстроту установки.

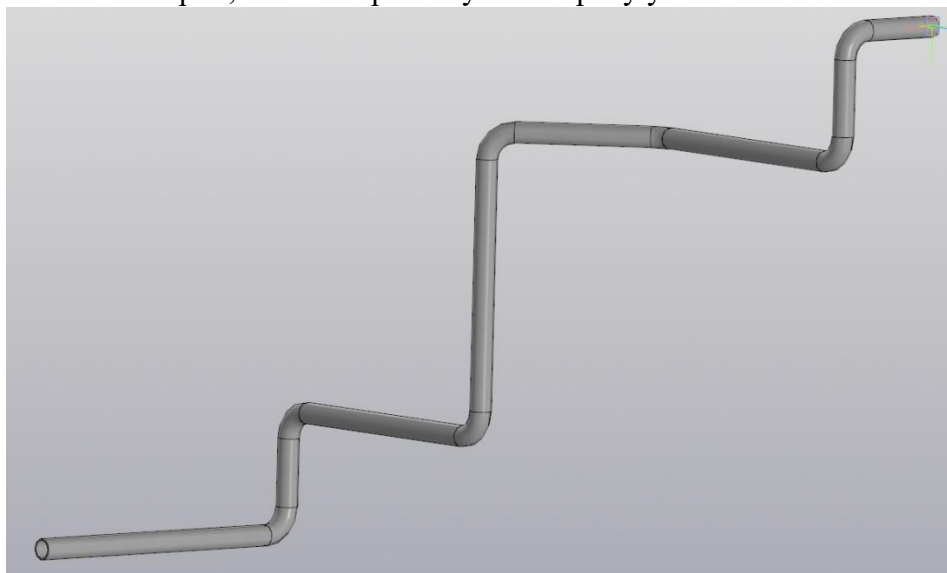


Рисунок 1 – 3D модель главного паропровода

Сталь марки 15X1M1Ф является низколегированной и жаропрочной, что затрудняет её сварку, а именно, необходимо использование комбинированной сварки, ручная аргодуговая для корня шва и ручная дуговая для заполняющего и облицовочного слоёв. На данный момент используют сварочный выпрямитель ВДУ-306 и балластный реостат РБ-302, что в условиях монтажа из-за своих габаритов затрудняет сварщику доставку оборудования на ра-

бочую площадку. А неточная регулировка режимов может привести к появлению дефектов. Балластный реостат РБ-302 хоть и имеет небольшую массу всего 14 кг и небольшие габариты, но это не спасает его от потерь электроэнергии и низкого КПД порядка 0,5.

Для решения этой проблемы предлагается использовать сварочные инверторы, помимо их компактности и небольшой массы, порядка 14 кг, они ещё и выступают в роли самостоятельных источников электрического тока, что освобождает сварщика от дополнительного оборудования в виде балластного реостата. Plusом, они обладают электронным управлением, обеспечивающим лёгкий поджиг и высокую эластичность дуги, а также высокую эффективность и высокий уровень безопасности сварщика.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РД 153-34.1-003-01 СВАРКА, ТЕРМООБРАБОТКА И КОНТРОЛЬ ТРУБНЫХ СИСТЕМ КОТЛОВ И ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ МОНТАЖЕ И РЕМОНТЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ. – Москва: ПИО ОБТ, 2002. – 393 с. – Текст: непосредственный.

2. Березина Т.Г. Изменение структуры, свойств и накопление поврежденности при ползучести в теплоустойчивых сталях. Челябинск издательство ЧФ ПЭИ ПК. - 1998. – 110 с. – Текст: непосредственный.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФРАГМЕНТА УЧАСТКА ЛИНИИ ТРУБОПРОВОДА НА МОНТАЖЕ

Читпанова Милена Евгеньевна, студент кафедры МБСП, e-mail: milena.chitpanova@bk.ru
 Научный руководитель - Сейдуров Михаил Николоевич, к.т.н., доцент, e-mail: seidurov@mail.ru
 Алтайский государственный технический университет им.И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Проанализирован технологический процесс сборки и сварки на монтаже участка линии трубопровода Салмановского (Утреннего) нефтегазоконденсатного месторождения (Газовский район Ямало-Ненецкого автономного округа). Проведен анализ технологичности фрагмента участка линии трубопровода. Даны рекомендации по выбору способа сварки, сварочных материалов и оборудования.

Ключевые слова: линия трубопровода, нефтегазоконденсатное месторождение, технологический процесс, технологичность.

Линия трубопровода Салмановского (Утреннего) нефтегазоконденсатного месторождения предназначена для транспортирования природного газа и газового конденсата. Технические характеристики линии трубопровода приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики линии трубопровода

№ п/п	Параметр	Значение
1	Рабочая среда	газ природный
2	Расчетное давление	16,0 МПа
3	Рабочее давление	11,05...14,05 МПа
4	Расчетная температура	-50...+100°С
5	Рабочая температура	+25...+50°С
6	Давление испытания на прочность	22,9 МПа
7	Тип	надземные технологические трубопроводы низкого давления
8	Длина фрагмента участка линии трубопровода	30 м
9	Высота над уровнем моря	47,395 м
10	Труба Ø 426×28	27 м
11	Отвод П90, 426×29/33	1 шт. (942 м)
12	Тройник, 426×28/44 – 273×20	1 шт. (540 м)
13	Тройник, 426×28 – 50	2 шт. (1080 м)

Элементы трубопровода изготовлены из конструкционной низколегированной стали марки 09Г2С, обладающей повышенной стойкостью против атмосферной коррозии. Химический состав стали соответствует ГОСТ 19281-2014 и приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав стали по анализу ковшевой пробы по ГОСТ 19281-2014

Марка стали	Массовая доля элементов, %								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	V
				не более					
09Г2С	не более 0,12	0,50 - 0,80	1,30 - 1,70	0,030	0,035	0,30	0,30	0,30	0,12

Целью работы является разработка рекомендаций по усовершенствованию технологического процесса изготовления на монтаже фрагмента участка линии трубопровода. В соответствии с рекомендациями общемашиностроительных укрупненных нормативов времени при количестве деталей до 15 шт. работы по изготовлению фрагмента участка линии трубопровода считаются простыми (рисунок 1).

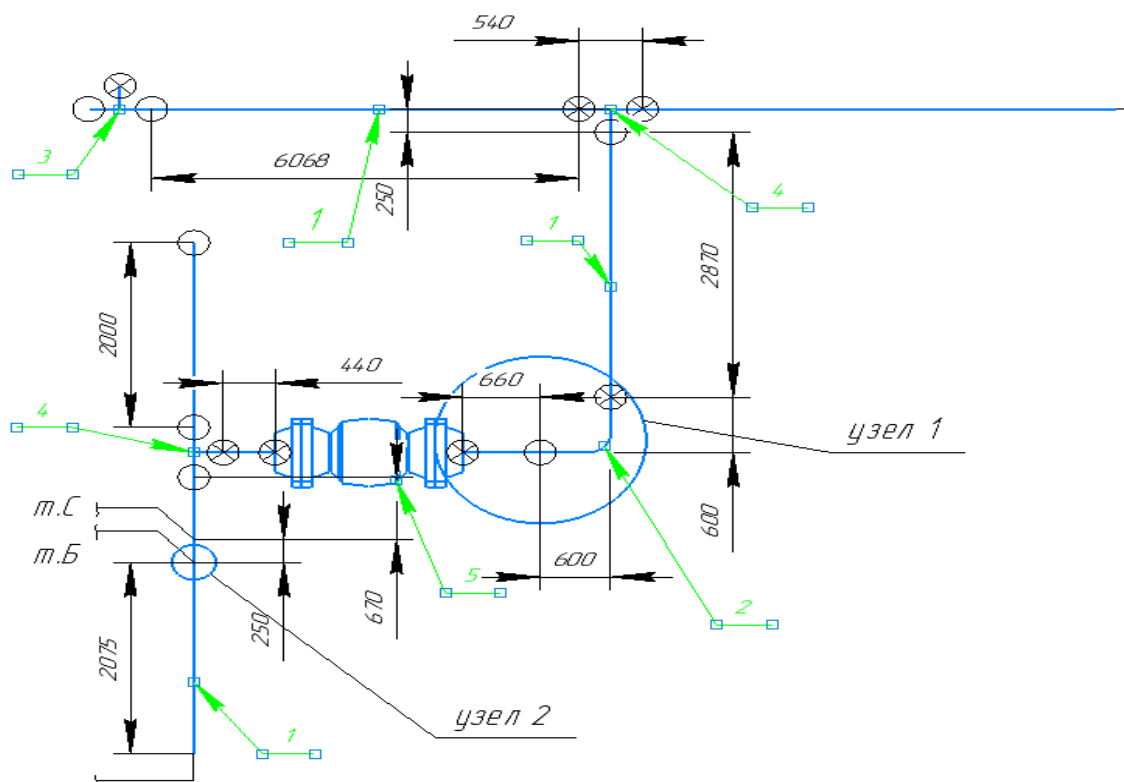


Рисунок 1 – Фрагмент участка линии трубопровода:
 1 – труба 426×28; 2 – отвод П90, 426×29/33; 3 – тройник 426×28/44 – 273×20;
 4 – тройник 426×28 – 50; 5 – кран шаровый, 400 мм

Для трубопроводов большого диаметра используется комбинированный способ сварки: корневой шов выполняется аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом, заполняющий и облицовочные швы – ручной дуговой сваркой покрытыми электродами. На монтаже фрагмента участка линии трубопровода использовались два типа сварных соединений – С18 и У19, которые соответствуют ГОСТ 16037-80. Для выполнения сборочно-сварочных работ требуется вспомогательное оборудование, специальное укрытие от неблагоприятных климатических условий. Технологичность сварной конструкции может быть по-

вышена за счет замены ручной дуговой сварки на механизированную сварку на заполняющих и облицовочных швах. Результаты анализа отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты анализа технологического процесса

Место изменений	Монтаж без изменений	Монтаж с усовершенствованием
Вспомогательное оборудование	Автокран, подмости	Автокран, подмости, тележка
Тип соединения	C17, У19	C18, У19
Сварочное оборудование	Кедр MultiTIG-3200P DC	Выпрямитель Artsen CM500 С с подающим механизмом Artsen WF2-50ZT

Механизированную сварку рекомендуется выполнять на постоянном токе обратной полярности величиной 220-230 А стальной проволокой сплошного сечения Св-08ГС по ГОСТ 2246-70 диаметром 1,6 мм в газовой смеси углекислоты и аргона (80% CO₂ + 20% Ar). Углекислый газ должен соответствовать ГОСТ 8050-85, аргон регламентируется ГОСТ 10157-79. Поверхность сварочной проволоки должна быть очищена от загрязнений.

При использовании механизированной сварки плавящимся электродом в среде активных газов и смесях производительность монтажных работ увеличится. Сварочный полуавтомат на основе сварочного выпрямителя Artsen CM500 С специально разработан для монтажных условий и применения для сварки на большом удалении при строительстве (рисунок 2). На устройстве подачи проволоки Artsen WF2-50ZT имеется дополнительная цифровая панель для удобного управления параметрами сварки. Сварочное оборудование было выбрано за счет сравнения технических характеристик и рекомендаций [1-3].



Рисунок 2 – Сварочный выпрямитель Artsen CM500 С совместно с подающим механизмом Artsen WF2-50ZT (Shenzhen Megmeet Electrical Co. Ltd)

Таким образом, применение комбинированного способа сварки позволит улучшить качество сварных соединений и увеличить скорость сварки. Следовательно, рекомендации по усовершенствованию технологического процесса позволят снизить трудоемкость и повысить производительность сварочных работ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хомутов С.О. Влияние показателей качества электроэнергии в питающей сети на работу сварочного оборудования / С.О. Хомутов, М.Н. Сейдуров, А.Н. Попов // Сварка и диагностика. – 2020. – № 5. – С 45-48.

2. Ридель Н.А. Усовершенствование технологии изготовления балки концевой рамы тележки крана / Н.А. Ридель, М.Н. Сейдуров // Электрофизические методы обработки в современной промышленности: материалы V Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022. – С 64-66.

3. Ридель Н.А. Особенности проектирования сварной конструкции деревообрабатывающего оборудования в системе трехмерного моделирования / Н.А. Ридель, М.Н. Сейдуров // Ползуновский альманах. – 2022. – № 4. Т. 2. – С. 107-110.

САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ МАХ-ФАЗ В СИСТЕМЕ Ti-AL-C

Чувашов Сергей Михайлович, магистрант кафедры МБСП, e-mail:inescapable.99@mail.ru
 Научный руководитель - Собачкин Алексей Викторович, к.т.н., доцент,
 e-mail:sobalvi@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Описана сущность самораспространяющегося высокотемпературного синтеза МАХ-фаз. Приведена методика получения МАХ-фаз. Приведен сравнительный анализ свойств МАХ-фаз. Проведен поиск патентной документации на наличие современных технологий изготовления МАХ-фаз самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.

Ключевые слова: МАХ-фазы, самораспространяющийся высокотемпературный синтез(СВС), состав покрытия, свойство.

Под МАХ-фазой понимается гексагональная плотноупакованная тройная система $Mn + 1AXn$, где М - переходный металл, А - элемент подгруппы а периодической таблицы, Х- углерод или азот (рисунки 1 и 2).

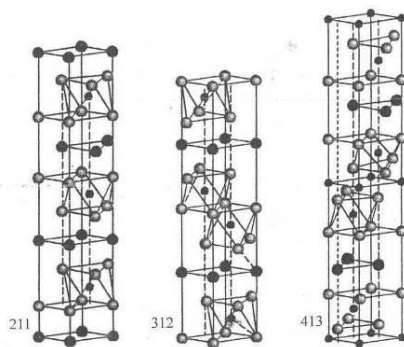


Рисунок 1 - Типы решеток различных МАХ-фаз

М			А			Х			IIIa	IVa	Va	VIa	
Переходный металлы			Элемент подгруппы а			Углерод, азот, бор (?)			В	С	Н	О	
									Al	Si	P	S	
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se
Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te
La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po

Рисунок 2 - Фрагмент таблицы Менделеева, содержащий элементы МАХ-фаз

Мах-фазы могут быть получены с помощью СВС смеси порошков титана, алюминия и углерода [1]. Одной из наиболее распространенных методик синтеза мах-фаз в системе Ti-Al-C является высокотемпературное спекание.

Предварительно приготовленная смесь порошков титана, алюминия и углерода, помещается в шаровую мельницу. Затем происходит смешивание в шаровой мельнице порошков с учетом определенных пропорций. Важно, чтобы все компоненты были тщательно перемешаны. Далее происходит помещение смеси порошков в тигель и ее компрессия. Для этого используется пресс-форму, обеспечивающую достаточное осевое давление для компрессии порошковой смеси. Спрессованная форма с порошковой смесью переносится в печь для термической обработки при температуре до 50-400°C, что позволяет повысить температуру и скорость горения выбранного состава.

Завершающей процедурой является помещение формы с нагретой порошковой смесью в СВЧ-спекатель для окончательного спекания материала. Синтез осуществляют в автоматическом или ручном режиме по команде блока управления, с помощью которого задают параметры процесса. В процессе спекания электрический ток проходит через вольфрамовую катушку, которая нагревает графитовый тигель, а тот порошковую смесь, что инициирует межзеренную диффузию и синтез мах-фазы Ti_3AlC_2 . В дальнейшем производится холодная обработка - это помещение полученного материала в специальное оборудование для дополнительной обработки. В зависимости от требуемых свойств, материал может подвергаться холодной прокатке, резке, шлифовке и другим видам обработки. После механической обработки исследуемый образец проходит анализ химического состава, микроструктуры и измерение механических свойств материала. Это позволяет определить качество и соответствие материала заданным характеристикам [2].

Каждый из этих шагов играет важную роль в процессе получения мах-фаз в системе Ti-Al-C и требует определенной подготовки и экспертизы. В процессе спекания электрический ток проходит через порошковую смесь, что инициирует межзеренную диффузию и синтез Ti_3AlC_2 . В результате компактизация порошка происходит быстро и без деформации изделий, что позволяет получать материалы высокого качества.

Метод СВЧ-спекания также позволяет получать мах-фазы с улучшенной микроструктурой и свойствами благодаря более высоким скоростям нагрева и охлаждения, что способствует формированию более крупных зерен и исключает возможность появления вторичных фаз. Полученная смесь помещается в печь, где происходит прогрев до высокой температуры 1200-1500 градусов Цельсия в вакуумной или инертной среде (рис. 3). Продуктом синтеза будет Ti_3AlC_2 .



Рисунок 3 – Процесс протекания СВЧ-спекания

Свойства МАХ-фаз

Мах-фазы являются уникальными материалами, обладающими рядом выдающихся свойств:

1. Высокая термическая и электрическая проводимость. Эти свойства обусловлены высокой степенью ориентации атомов С в структуре мах-фаз.
2. Отличные механические свойства. Обладают высокой твердостью, износостойкостью, устойчивостью к растрескиванию и имеют хорошую инертность к агрессивным средам.
3. Высокая стойкость к окислению и коррозии. Устойчивы к воздействию кислорода, а также кислот, щелочей, солей. Эти свойства делают мах-фазы привлекательными для использования в различных средах;

4. Находят применение в экстремальных условиях. Благодаря высокой термостойкости и устойчивости к окружающей среде, могут использоваться в экстремальных условиях, таких как высокая температура или жесткие механические воздействия;

5. Легкость. Мах-фазы относятся к легким материалам с высокой прочностью и устойчивостью к коррозии, что позволяет использовать их в корпусах легковесных автомобилей, а также в легкой и прочной электронике.

Сочетание этих свойств делает мах-фазы уникальными и привлекательными для использования в различных отраслях, таких как электроника, авиация, космическая промышленность, медицина, энергетика и другие.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Евстигнеев В.В. Разработка СВС-порошковых материалов и покрытий интерметаллидного класса для защиты поверхностей ответственных деталей / В.В. Евстигнеев, В.И. Яковлев, В.Ю. Филимонов [Текст] // Обработка металлов (технология оборудование инструменты). - 2004. - № 2. - С. 9-10

2. V.Yu Filimonov, M.V. Loginova, S.G. Ivanov, A.A. Sitnikov, V.I. Yakovlev, A.V. Sobachkin, A.Z. Negodyaev, A.Yu Myasnikov. Peculiarities of Phase formation processes in activated Ti + Al powder mixture during transition from combustion synthesis to high-temperature annealing // Combustion Science and Technology. - 2020. - V. 192. - №3. - P. 457-470.

3. Федеральный институт промышленной собственности [сайт] / Сайт Роспатента. - Москва, 2022 -.- URL: <https://www1.fips.ru> (дата обращения 27.04.2023).

МОДЕРНИЗАЦИЯ МАРШРУТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И СВАРКИ РОСТВЕРКА

Ширяев Александр Андреевич, студент кафедры МБСП, e-mail: reressrr@bk.ru
Научный руководитель - Мандров Борис Иванович, к.т.н., доцент, e-mail: polimerbim@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им.И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Дуговая сварка в углекислом газе широко применяется при изготовлении строительных конструкций. Сборка по разметке с выверкой, используемая на базовом предприятии увеличивает трудоемкость сборки ростверка. Этому же способствует большое количество кантовок и применение подъемно-транспортного оборудования при сборке и сварке ростверка. Применение технологической сборочной оснастки позволит снизить трудоемкость сборки, а укрупнение поперечных балок в промежуточный узел использовать средства малой механизации для всех стыковых продольных швов ростверка. Совмещение сварки швов, соединяющих балки между собой со сваркой швов, находящихся в этом же пространственном положении, между заглушками и торцами балок заглушек к торцам балок значительно уменьшит количество кантовок при сборке и сварке ростверка.

Ключевые слова: *ростверк, продольная, балка, поперечная балка, мелкосерийное производство, общая сборка, импульсно-дуговая сварка, тележка для перемещения сварочной горелки.*

В строительной индустрии при сооружении фундамента в его верхней части устанавливают ростверк, распределяющий нагрузку на сваи от сооружения. Ростверк, (рисунок 1) применяемый при монтаже резервуаров для хранения дизельного топлива представляет крестообразную конструкцию, изготовленную из фасонного (швеллеры) и листового проката.

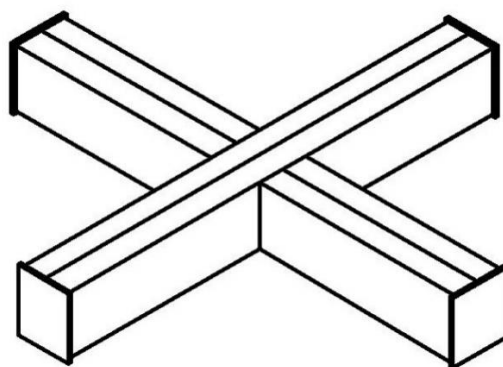


Рисунок 1 – Ростверк свайного фундамента для вертикального резервуара

На предприятии ООО «Барнаулмеханомонтаж» конструкция ростверка разбивается на три подузла – продольную и две поперечные балки. Подузлы ростверка собираются по разметке с выверкой, характеризующейся высокой трудоемкостью [1]. Для каждого подузла применяется общий метод сборки на прихватках. В начале собираются, прихватываются и свариваются с двух сторон продольные швы стержней. Затем к торцам трех балок прихватываются и привариваются четыре заглушки.

Готовые поперечные и продольные балки собираются на прихватках и свариваются швами, расположенными в разных пространственных положениях. В связи с этим при сборке и сварке производится большое количество кантовок - 22 шт. Следует отметить, что в конце сборки масса ростверка составляет 64 кг. Это требует применения подъемно-транспортного оборудования при сборке и сварке ростверка.

Все сварные соединения выполняются механизированной сваркой в углекислом газе проволокой сплошного поперечного сечения. Суммарная протяженность продольных стыковых швов, соединяющих прокатные заготовки составляет более 4 метров. Применение этого способа сварки сопровождается большим расходом сварочных материалов, электроэнергии и повышенной трудоемкостью.

Анализ конструкции ростверка показал, что заводская технология сборки и сварки может быть модернизирована. Для этого необходимо перейти от сборки по разметке с выверкой к сборке с использованием приспособления. Поперечные балки собирать в приспособлении для сборки продольной балки в укрупнительный узел, что позволит довести длину стыковых швов поперечных балок до одного метра и варить их, как и стыковые швы продольной балки с применением средств малой механизации, например, сварочной тележки КС-5, показанной на рисунке 2.

Предлагается при сварке стыковых швов не использовать выводные планки, а оставлять недоваренные участки по 50 мм с каждой стороны шва. Сварочную горелку от используемого полуавтомата можно закреплять на тележке, что позволит швы протяженностью около одного метра сваривать механизированным способом. Способ сварки в углекислом газе предлагается заменить на импульсно-дуговой. Это будет способствовать снижению расхода сварочных материалов, электроэнергии и трудоемкости выполнения сварочных работ.

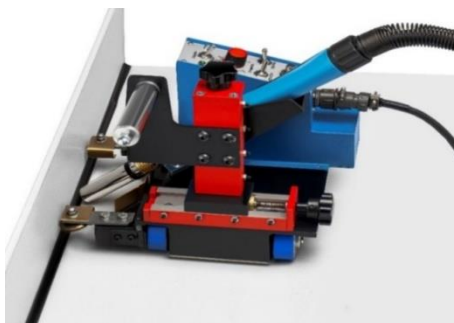


Рисунок 2 – Тележка КС-5 для перемещения сварочных горелок [2]

Для уменьшения числа кантовок при сборке и сварке ростверка предлагается после сварки стыковых швов на продольной и укрупнительной балке собрать их с заглушками в приспособлении на прихватках. Сварку производить только тех швов, которые при выполнении соответствующей кантовки находятся в положении Н2.

Выводы:

1. Переход от общей сборки по разметке с выверкой к сборке с помощью технологической оснастки будет способствовать снижению трудоемкости сборки и повышению точности изготовления ростверка.

2. Временное соединение поперечных балок в укрупнительный узел позволит сваривать стыковые швы в приспособлении для сварки продольной балки без переналадки, что уменьшит трудоемкость сварки ростверка.

3. Применение тележки КС-5 с постоянными магнитами, выпускаемой компанией ООО Шторм «Сварочное оборудование и материалы» позволит повысить эффективность сварки стыковых швов продольной и поперечных балок ростверка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шабалин В.Н. Техническое нормирование технологических процессов (операций) в заготовительных и сварочных цехах: м. у. к практическим занятиям по дисциплине «Технологическая подготовка производства» для студентов направления 15.03.01

МАШИНОСТРОЕНИЕ (квалификация бакалавр) / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2018 – 110 с. Прямая ссылка:

http://elib.altstu.ru/eum/download/mbsp/Shabalin_TechNormProzZagSvarTseh_met.pdf.

2. Интернет-ресурс www.shtorm-its.ru/contacts.

СТЕНД ДЛЯ ФРИКЦИОННОЙ СВАРКИ

Штронда Никита Дмитриевич, магистрант кафедры МБСП, e-mail: yjdjhjccqcrfz@gmail.com

Научный руководитель - Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,
e-mail: anast_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной статье рассматривается стенд для выполнения фрикционной сварки (сварки трением). Описано его назначение и устройство. Выполнен поиск патентных документов на наличие современных технологий изготовления фрикционных сварочных стендов.

Ключевые слова: *стенд, фрикционная сварка, назначение, устройство, поиск патентов.*

Фрикционная сварка (сварка трением) - это тип сварки под давлением, при которой нагрев возникает за счёт трения, возникающего в результате движения (вращения) одного из соединяемых элементов.

Сварка трением используется в аэрокосмической и автомобильной промышленности для соединения различных металлов и термопластов.

Окончательное соединение происходит на последнем этапе процесса, когда усилие прикладывается к уже неподвижному образцу.



Рисунок 1 - Соединение, полученное сваркой трением

Процесс создания данного вида соединения состоит из следующих этапов:

- разрушение и удаление оксидных пленок за счёт трения;
- нагрев кромок свариваемого металла до пластичного состояния (создается временный контакт, происходит разрушение и из соединения выдавливаются самые пластичные объемы металла);
- остановка вращения с получением сварного соединения [1].

Настоящее изобретение может, в основном, использоваться для сварки трением кольцевых и/или продольных соединений при производстве изделий из легких сплавов.

Стенд для сварки трением показан на рисунке 2 и включает в себя основание (позиция 1), на котором установлены передняя и задняя бабки (позиция 2 и 3 соответственно). Для перемещения бабок используется привод (позиция 17).

Планшайбы (позиция 4 и 5), установленные на бабках, оснащены синхронными приводами (позиция 12) для их вращения и специальной технологической оснасткой (позиция 19) для закрепления сварного узла (позиция 18). Сварочная головка (позиция 6) и люнет (позиция 7) установлены на так называемых каретках (позиция 8 и 9) (с приводами для их продольного перемещения (позиция 10 и 11)) с возможностью синхронного передвижения на тумбах (позиция 13 и 14).

Каретки устанавливаются на тумбах, расположенных по бокам основания. Люнет оснащен специальным механизмом (позиция 15) для поперечной подачи, в который входит датчик силы (позиция 16), роль которого заключается в управлении усилием поджима люнета к свариваемому узлу. Стенд может обеспечить выполнение кольцевых и продольных сварных швов изделий различных форм, размеров и назначения.

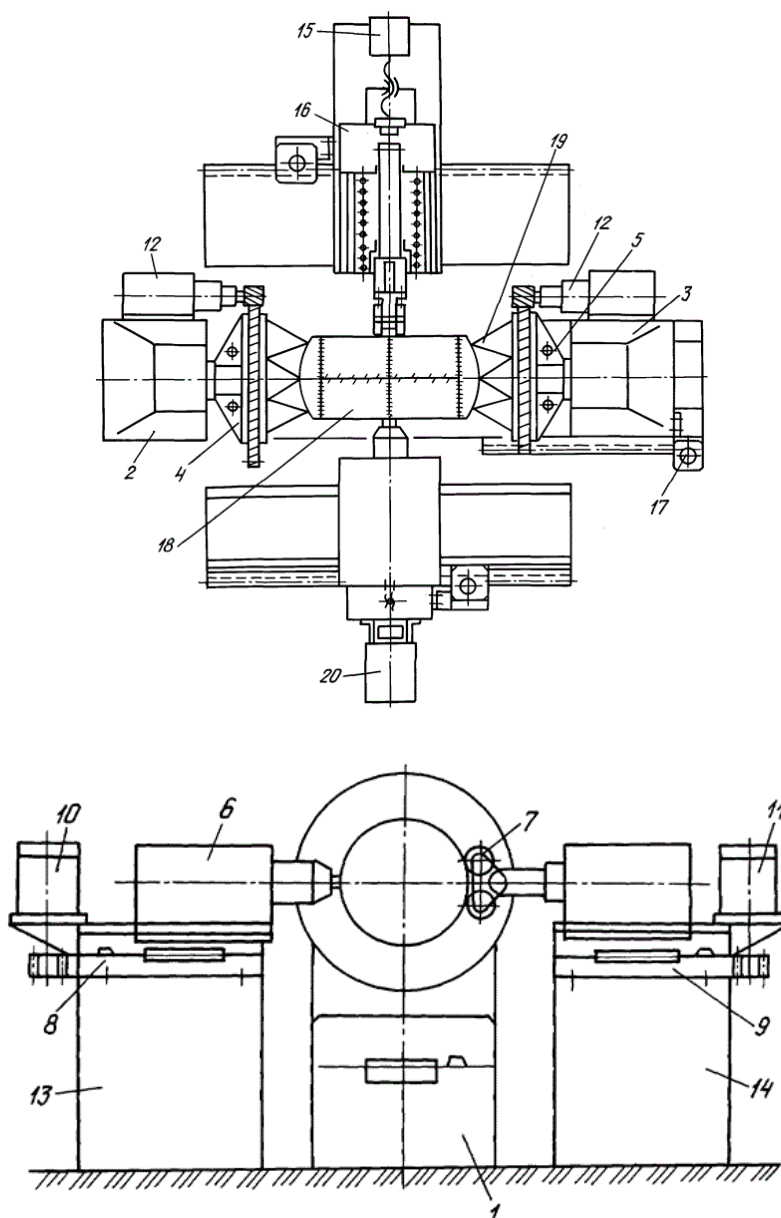


Рисунок 2 – Стенд для фрикционной сварки

На данном стенде допускаются различные операции фрикционной сварки. Такие как:

- сварка продольных швов для производства обечаек;
- сварка кольцевых швов при сварке нескольких обечаек друг с другом;
- сварка дна с обечайкой, состоящей из нескольких обечаек и т.д. [2].

Проанализировав патентную документацию на сайте Федерального института промышленной собственности - Роспатента [3], были найдены актуальные разработки стенда для сварки трением, что указывает на необходимость его применения в настоящее время. В настоящей статье используются данные из патента №(19)RU(11)2393948(13)C1

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/Сварка_трением.
2. Патент №(19)RU(11)2393948(13)C1, Российская Федерация, МПК В23К 20/12. Стенд для фрикционной сварки. Патентообладатель: Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный космический научно-производственный центр им. М.В. Хруничева. Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение «Техномаш».
3. Федеральный институт промышленной собственности [сайт] / Сайт Роспатента. – Москва, 2023.–URL: <https://www1.fips.ru> (Дата обращения:02.04.2023)

СВАРКА ВЗРЫВОМ

Щерба Дмитрий Максимович, магистрант кафедры МБСП, e-mail:dima_shcherba@mail.ru
Научный руководитель - Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,
e-mail:anast_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной статье рассмотрена сварка взрывом. Описаны ее особенность, преимущества и недостатки.

Ключевые слова: сварка взрывом, особенности, преимущества, недостатки.

Сварка взрывом - сварка при которой используется энергия ударной волны от взрыва специального вещества.

При сварке взрывом (рисунок 1) подвижная привариваемая деталь устанавливается под углом к неподвижной детали и приводится в движение за счет ударной волны, в следствие этого детали с большой скоростью сталкиваются друг с другом; соединение получается из-за пластической деформации поверхностей.

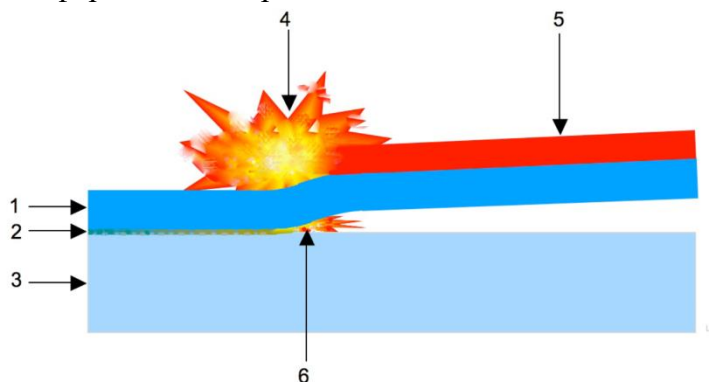


Рисунок 1 - Схема сварки взрывом: 1 - подвижная деталь, 2 - сплавленная поверхность, 3 - неподвижная деталь, 4, 5 - взрывчатое вещество, 6 - кумулятивная струя

Из-за скоротечности процесса объёмная диффузия не успевает развиваться, вследствие чего эта сварка применяется для соединения разнородных металлов. В зависимости от количества необходимой энергии применяются различные взрывные вещества, такие как: аммиачная селитра, аммониты, аммонал, гранулотол, гранулит, гексоген.

Перед сваркой детали зачищаются до металлического блеска и обезжириваются.

Взрывная сварка применяется для соединения деталей из разнородных металлов, особенно для плакирования. В Алтайском научно-исследовательском институте технологии машиностроения (АНИТИМ) было разработано плакирование криволинейных поверхностей путем взрывной сварки [1].

Исследование началось в 1963 году, а в 1964 году получилось сварить два плоских листа площадью 1 м², сплошность соединения 95%. Сотрудники АНИТИМа Ю.И. Апаликов, Г.А. Вольферц, Л.Б. Первухин под руководством Б.Д. Цемаховичем успешно выполнили задачу плакирования свариваемых деталей со значительной площадью и сплошностью соединения в 99%. Технология вскоре была запатентована в таких странах как США, Франции, Швеции и др. [2].

Преимущества

1. Это единственный метод, позволяющий получить соединение металлов с различными физическими характеристиками.
2. Можно получить биматериалы с заданными свойствами.
3. Механическая или термическая обработка деталей не влияет характеристики шва.
4. Метод применим для работы деталями сложной конфигурации: можно плакировать изгибающиеся и угловатые поверхности.

5. Сварка происходит моментально.

Недостатки

1. С трубами и деталями необходимо работать в специально созданных камерах;
2. Для сваривания листовых поверхностей изготавливают опорные железобетонные «подушки» на специальных полигонах;
3. При высокотемпературной обработке прочность соединения деталей снижается;
4. Данный способ сварки требует безопасности;
5. Большие временные затраты на подготовку сварочных работ;
6. Мало специалистов данного направления [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/Сварка_взрывом
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Алтайский_научно-исследовательский_институт_технологии_машиностроения
3. <https://svarkaprost.ru/tehnologii/svarka-vzryvom-tekhnologiya>

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЖАРОПРОЧНОГО СПЛАВА ДЛЯ ЛОПАТОК ГАЗОВЫХ ТУРБИН

Юркин Даниил Дмитриевич, магистрант кафедры МБСП, e-mail: yurkin_daniil@mail.ru
Научный руководитель - Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,
e-mail: anast_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Проведено сравнение свойств жаропрочного сплава на никелевой основе, полученного открытой плавкой и после электронно-лучевой переплавки. Представлены и обоснованы преимущества сплава после электронно-лучевой переплавки.

Ключевые слова: открытая плавка, электронно-лучевая переплавка, зерно, эксплуатационные свойства, длительная прочность.

Для быстрого развития энергетики большое значение имеет повышение эффективности существующих агрегатов, широкое воплощение новой техники. При этом существенное место отведено газовым турбинам как одному из новых прогрессивных типов теплового двигателя. Сравнение газовой турбины с другими тепловыми двигателями показывает, что она имеет много преимуществ, которые ставят ее вне конкуренции во многих отраслях энергетики и народного хозяйства. Наиболее нагруженным и ответственным узлом газовых турбин является лопаточный аппарат. Наличие материалов, обеспечивающих комплекс необходимых свойств определяет уровень развития энергетического газотурбостроения. Высокая температура газа 650-850°C предъявляет повышенные требования к лопастям турбин. В связи с этим актуален вопрос выбора материала и метода его выплавки для лопаточного аппарата газовых турбин.

В процессе работы лопатки подвергаются воздействию растягивающих напряжений, поэтому к материалу лопаток предъявляются требования не только высокой прочности, но и соответствующей пластичности, сопротивления действию малоциклового усталости, структурной стабильности. Наиболее широко сейчас используются для лопаток турбин никелевые сплавы, легированные Al, Ti, Ta [1, 2].

Материалом исследования были лопатки турбин, которые изготовлены из никелевого сплава ЭП-539. Первый вариант сплава ЭП-539 был выплавлен в открытой дуговой печи, а второй вариант дополнительно переплавлялся способом электронно-лучевой переплавки ЭЛП, осуществлявшейся за счет теплоты, которая образуется в результате облучения металла потоком электронов. Проводилось испытание эксплуатационных свойств. С целью изуче-

ния влияния переплавки на микроструктуру и характер разрушения сплава использовались оптическая и электронная микроскопия.

Исследование микроструктуры показало, что в металле после электронно-лучевой переплавки ЭЛП в условиях 30% деформации в зоне концентрации напряжений пор значительно меньше и они расположены более равномерно, чем в металле, который был выплавлен в открытой дуговой печи. С помощью количественной металлографии было вычислено, что 50% пор в металле открытой плавки имели размер от 22,4 до 45 мкм, а также имеется значительное количество пор размером больше 100 мкм. В металле выплавленном в открытой дуговой печи с последующей электронно-лучевой переплавкой примерно 50 % пор было размером 16-22,4 мкм, а поры размером 100 мкм отсутствовали. Этот факт можно объяснить тем, что металл после переплавки более чистый от включений.

Исследование изломов под электронным микроскопом показало, что в изломе образцов открытой выплавки много участков с элементами хрупкого излома, а также имеются сколы. После ЭЛП излом имеет в основном вязкий характер.

С целью выявления разницы в состоянии границ зерен в металле открытой выплавки и после переплавки были проведены исследования микроструктуры. В металле открытой выплавки на стыках зерен часто встречаются межзеренные изломы. Это приводит к концентрации локальных напряжений и к возникновению хрупких трещин по границам зерен при деформации. В металле же после электронно-лучевой переплавки межзеренных изломы значительно меньше.

В результате исследований было выявлено: после электронно-лучевой переплавки уменьшается размер пор и их количество в 2-3 раза. Показатель длительной прочности электронно-лучевой переплавки на 50-60 % больше, чем в открытой дуговой печи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белов А.Ф. Структура и свойства гранулируемых никелевых сплавов / А.Ф. Белов. – М.: Металлургия. 1992. – 128 с.
2. Захаров Н.В. Жаропрочные сплавы / Захаров Н.В., Захаров А.Н. – М.: Металлургия, 1997. – 385 с.

ПОДСЕКЦИЯ «ИННОВАТИКА»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТРОТУАРНОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ ПЛАСТИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ АНТИОБЛЕДЕНЕНИЯ

Алексеев Никита Владимирович, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail:aleksewnikita2@gmail.com

Научный руководитель - Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail:novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрена актуальность разработки тротуарного покрытия из пластика с применением системы антиобледенения. Представлено обоснование применения тротуарного покрытия из пластика совместно с электрической системы антиобледенения. Описаны технологические особенности производства тротуарного покрытия из пластика с применением электрической системы антиобледенения. Приведена модель технологии производства тротуарного покрытия из пластика с применением электрической системы антиобледенения.

Ключевые слова: тротуарное покрытие, электрическая система антиобледенения, образование наледей, гололед, травмоопасность.

Проблема гололеда в условиях холодного сибирского климата становится актуальной каждую зиму. Исключение составляют южные регионы, где в этот период года осадков не так много и даже столбик термометра далеко не всегда опускается ниже нуля, дороги на территории большей части России с наступлением холодов каждый год покрываются снегом и льдом. Справиться с ними при помощи разных химических реагентов или соли представляется возможным не всегда; при этом даже его выполнение не гарантирует абсолютного результата.

С начала зимы 2020 года в Алтайском крае более 2700 человек получили травмы. Из них 373 пострадавших попали в больницы. Об этом сообщает издание «АиФ Алтай» со ссылкой на Минздрав региона. И это только официальная статистика – не обратившихся за помощью людей к врачам может быть еще больше. Как сообщает ГТРК «Алтай», за период декабрь-январь в краевую больницу скорой помощи города Барнаул обратилось более 600 человек, 114 из них потребовалось лечение в стационаре.

Существенной проблемой также является пластиковое загрязнение. Оно представляет собой процесс накопления пластмасс в окружающей среде, что отрицательно сказывается как на дикой природе, так и в среде обитания людей и животных. Пластиковое загрязнение отрицательно влияет на всю биосферу. Усилия, направленные на сокращение пластикового загрязнения, включают в себя попытки снизить потребление одноразовых пластмасс и поощрении их переработки.

Распространение пластикового загрязнения коррелирует с невысокой ценой и долговечностью пластмасс, а также незаменимостью в данный момент этого материала в некоторых сферах, что определяет высокий уровень его использования человеком. На 2018 год во всём мире производится в год около 380 млн. тонн пластика. Всего же, с 1950 по 2018 год было произведено около 6,3 млрд. тонн пластика, из них было переработано около 9 %, а сожжено – 12 %.

Пластиковые отходы могут являться хорошим материалом для тротуарного покрытия за счет своих свойств, таких, как: продолжительный срок службы, повышенная прочность, износостойчивость, способность сохранения свойств при экстремально низких температурах, а также сравнительно низкий вес. Тротуарная плитка из пластика представляет собой полноценный материал для мощения тротуаров, благоустройства городских дорог и приусадебных территорий. Высокая устойчивость делает материал более долговечным, чем каменные изделия благодаря использованию полимера в качестве основы. Разнообразием пластикового покрытия являются строительные материалы с ячеистой структурой. Данный вид обладает дренажными свойствами. Газонные дорожки, укрепленные такими пластинами, мо-

гут выдерживать относительно большой вес с меньшей опасностью испортить травяное покрытие. Стоит отметить, что тротуарная плитка из пластиковых бутылок обладает и эстетическими свойствами. Тротуарная плитка из пластика пригодна для реализации различных дизайнерских решений. Цвет материала не бледнеет под воздействием солнечных лучей, плитка не деформируется и не стирается [3].

Электрическая система подогрева является очень востребованной системой антиобледенения на загородном участке. Использование электрической системы антиобледенения вместе с тротуарной плиткой из пластика в совокупности дает эффективный способ подогрева участка. Данное покрытие препятствует образованию наледи, задерживанию снега, а также осушение покрытия от дождя.

Греющий кабель или мат укладывается под дорожное покрытие еще на этапе благоустройства придомовой территории. При проектировании системы антиобледенения для пешеходных дорожек применяют кабели производительностью 250–300Вт/м². Саморегулируемые кабели могут менять температуру нагрева на разных участках в зависимости от внешней температуры, в разных точках покрытия. Кабель можно резать на фрагменты, но при этом необходимо правильно подключать каждый отрезок к электросети. Электрическая система имеет ряд преимуществ перед другими системами антиобледенения. Электрическая система имеет срок службы в десятки лет, автономность работы, экономный расход электроэнергии. Использование такой системы антиобледенения при всех своих плюсах является наиболее перспективным, нежели другие системы антиобледенения [2].

Технология производства тротуарного покрытия из пластика с применением электрической системы антиобледенения представлена на рисунке 1.

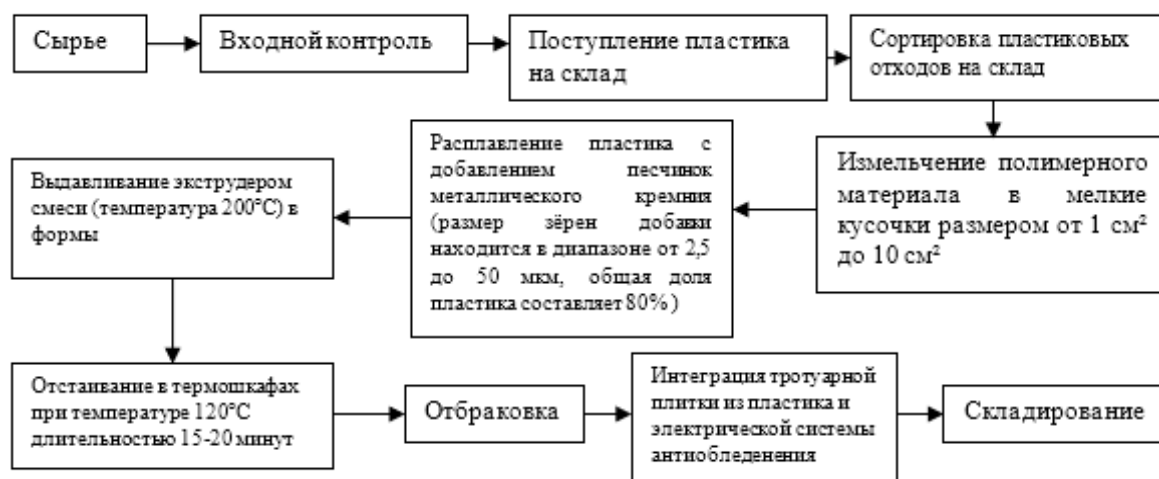


Рисунок 1 -Технология производства тротуарного покрытия из пластика с применением электрической системы антиобледенения

Выбор тротуарного покрытия из пластика с применением электрической системы антиобледенения как конечного продукта обуславливается рядом факторов:

- 1) Отсутствие надлежащей утилизации пластиковых отходов.
- 2) Стандарты и ГОСТы, относящиеся к производству продукции из вторсырья и использования систем антиобледенения.
- 3) Тротуарное покрытие из пластика с применением электрической системы антиобледенения является термостойким и высокопрочным продуктом [1].

Пресс для тротуарной плитки входит в состав одной технологической автоматической линии, действующей без участия человека по следующему принципу:

1. После доставки сырья материалы загружаются в раздаточные бункеры.
2. Происходит отмер сырья дозаторами.

3. Наклонным и перекидным транспортером пластик подается в бункер вибрационного пресса.
4. Дозатор отмеряет количество пластика для наполнения матрицы пресс-формы.
5. Пуансоном и вибратором формируются готовые изделия.
6. Плитка поступает в пропарочную камеру или сразу на склад готовой продукции.

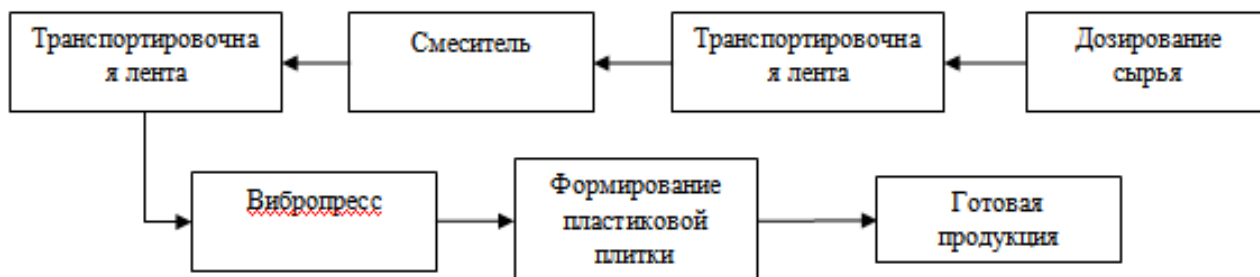


Рисунок 2 – Линия по производству тротуарной плитки из пластика

Проведенный патентный поиск показал отсутствие аналогов принципиально новых тротуарных покрытий из пластика, оснащенных электрической системой антиобледенения, что доказывает уникальность разработки. На основе данных патентов возможно детальное рассмотрение тротуарного покрытия и системы антиобледенения по отдельности.

С применением разработанной технологии инновационным предприятием будут необходимы средства и ресурсы для разработки и практической реализации ИПр. Материально-техническими ресурсами может являться техника по переработке пластика в заготовки, ЭВМ для обработки данных, формы для тротуарных плиток, вибростол.

Таким образом, создание новой технологии по производству тротуарного покрытия из пластика с применением электрической системы антиобледенения существенно снизит показатель травмоопасности среди населения Алтайского края путем обогрева дорог в зимний период времени. Интеграция тротуарного покрытия из пластика и электрической системы антиобледенения позволит преждевременно растапливать образовавшуюся ледяную корку на покрытии в кратчайшие сроки, что снизит риск получения травм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иванова О.А. Утилизация и переработка пластиковых отходов / О.А. Иванова, Е.О. Реховская. - Текст: непосредственный // Молодой ученый. - 2015. - № 21 (101). - С. 54-56.
2. Нарпов В.Г., Кудрина И.С. Производство строительных изделий. - Текст: Учебник для техникумов - М: Высшая школа, 1998–264 с.
3. Сапожников М.Я., Силенок С.Т., Лапир Ф.А., Фоломвеев А.А. Механическое оборудование для производства строительных изделий. - Текст: Учебник для техникумов - М: Высшая школа, 1994–407 с.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ УПАКОВОЧНОГО КАРТОНА ИЗ МАКУЛАТУРЫ В УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Антонов Никита Геннадьевич, бакалавр кафедры «Механика и Инноватика»,
e-mail: rtyang03@gmail.com

Научный руководитель - Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail: novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

В данной работе была рассмотрена актуальность исследования в области инновационной разработки упаковочного картона из макулатуры. Был проведен анализ существующих способов переработки макулатуры с целью производства упаковочного картона, выявлены их преимущества и недостатки. В результате было

разработано технико-технологическое решение по производству упаковочного картона из макулатуры, с использованием метода научно-технического творчества. Смоделирован план производства упаковочного картона из макулатуры в программной среде «Project Expert».

Ключевые слова: целлюлоза, переработка, макулатура, картон, вторсырье

Упаковочный картон из макулатуры и создание инновационного проекта на его основе являются актуальными направлениями научных исследований, направленных на формирование новшества. Главная цель этих исследований заключается в практической реализации проекта с целью получения социального и экономического эффекта.

Макулатура - самый распространенный тип вторичного сырья, который составляет 2/5 от всех образованных твердых бытовых отходов. Использование макулатуры позволяет сберечь древесину, которая используется для производства бумаги. Было рассчитано, что для сохранения одного дерева необходимо 54 кг газетной бумаги, в то время как одна тонна макулатуры экономит четыре кубических метра древесины.

В России в последние годы производство тарных картонов значительно увеличилось и в 2021 году достигло 4,25 миллионов тонн. В этом объеме крафтлайнера составил 1,64 миллионов тонн, тестлайнера - 0,82 миллионов тонн, а бумаги для гофрирования - 1,78 миллионов тонн. Производство макулатурных тарных картонов (МТК) стало главным трендом последних лет, и объем выпуска тестлайнера увеличился более чем в 2 раза за последние 10 лет. Рекордный рост объемов производства в первом полугодии 2021 года связан с увеличением спроса на упаковку в связи с пандемией.

В 2020 году объемы производства целлюлозы и древесной массы снизились до 8250 тысяч тонн, но производство упаковочных видов бумаги и картона из вторичного волокна значительно выросло. Производство гофрокартона увеличилось на 6,4%, обоев - на 10,4%, а бумажных мешков и сумок - на 30%. Однако производство газетной бумаги снизилось, а объемы производства тарных картонов выросли в 7 раз.

В Алтайском крае существуют компании, занимающиеся переработкой макулатуры, включая «АлтайВторПроект» и «Арт-Крафт». Наиболее крупным предприятием является ЗАО «АлтайКровля», которое ежемесячно перерабатывает 5000 тонн макулатуры на базе Алтайского рубероидного завода. На предприятии производят кровельный материал, гофротару, туалетную бумагу и упаковку для яиц. Однако, 74% общей массы макулатуры попадает на свалки и не перерабатывается, что негативно влияет на окружающую среду Алтайского края[1].

Вышесказанные проблемы привели к необходимости создания упаковочного картона из макулатуры. Картон из макулатуры имеет повышенные прочностные характеристики, себестоимость меньше, чем у аналогов, а главное возможна повторная переработка.

Масса для производства упаковочного материала, содержащая сульфитную целлюлозу, древесную массу и вторичное волокно, была усовершенствована путем замены сульфитной целлюлозы на бисульфитную целлюлозу с параметрами: жесткостью 40-50 ед. Каппа, сопротивлением раздиранию 390-450 мН и сопротивлением продавливанию 580-620 кПа. Древесная масса включает химико-термомеханическую массу с белизной 60-65%, а вторичное волокно - макулатуру марки МС-5Б со степенью помола 30-43° ШР. Соотношение компонентов в составе массы определено для достижения оптимальных свойств упаковочного материала:

- бисульфитная целлюлоза 45 %;
- химико-термомеханическая масса 15 %;
- макулатура марки МС-5Б 40 %.

Масса после гидроразбавителя подвергается очистке от тяжелых (металлические включения, песок) и легких (например, пластмасса, щепки) посторонних примесей. Удаление типографской краски без разрушения волокна производится в шаровых котлах, гидроразбавителях или бассейнах силикатом натрия в сочетании со щелочами, фосфорными солями в течение 1,5-2 ч при 80-90 °С. После волокнистая масса отделяется от промывочной жидкости

на сгустителях или вакуумных фильтрах, а затем отбеливается перекисью водорода или перекисью натрия [2].

Из проведенного анализа существующих методов переработки макулатуры для производства упаковочного картона следует, что недостатками текущих технологий производства упаковочного картона из макулатуры являются низкие прочностные свойства и высокая стоимость продукции.

В условиях Алтайского края целесообразно производить упаковочный картон из макулатуры с оптимальным соотношением компонентов масс и повышенными прочностными характеристиками, и невысокой себестоимостью. В результате морфологического анализа выбрана картон из макулатуры марки МС-5Б.

Переработка макулатуры представляет собой использование этого материала в качестве основного сырья для производства различных продуктов, упаковки и компонентов, используемых в процессе производства. Тарный картон, который представляет собой плоские слои гофрированного картона (лайнер) и бумаги для гофрирования (флютинг), может быть произведен из макулатуры (МТК) и/или целлюлозы (ЦТК).

Марка макулатуры МС-5Б - отходы производства и потребления гофрированного картона, бумаги и картона, используемых в производстве. Соответствующий стандарт (ГОСТ 10700-97) устанавливает технические требования к бумажной и картонной макулатуре [3].

С помощью программного продукта «Project Expert» разработана модель плана производства упаковочного картона из макулатуры.

Для реализации проекта по созданию упаковочного картона из макулатуры потребуется общая сумма в размере 2000000 рублей. Грант государственной программы «УМНИК» в размере 500000 рублей будет выделен на проведение фундаментальных и прикладных исследований по теме «Упаковочный картон из макулатуры». Практическая реализация проекта по производству упаковочного картона из макулатуры потребует дополнительных 1500000 рублей, которые будут выделены из государственной программы "Старт".

В процессе моделирования плана сбыта была задана цена за 1 коробку стандартного размера (0,5 м²) – 18,50 рублей. Планируемый объем сбыта составляет 280000 единиц продукции в год.

Из результатов анализа следует, что модель производства инновационного проекта обеспечивает окупаемость затрат в период до 60 месяцев, период окупаемости составляет 51 месяц, индекс прибыльности равен 1,01, что является нормой для инновационного проекта [4].

Организацию производства упаковочного картона из макулатуры необходимо проводить на новом предприятии или на базе существующих заводов по производству бумаги и картона, так как для организации производства упаковочного картона из макулатуры потребуются оборудование и инвентарь, требуемые для производства бумаги и картона.

Отсутствие аналогичного производства упаковочного картона из макулатуры в Алтайском крае является преимуществом для успешной реализации инновационного проекта. Однако, возможны риски, связанные с отсутствием сформированной экологической культуры у потребителей. Решение этих рисков требует проведения мероприятий, направленных на повышение экологической культуры населения.

В рамках инновационного проекта предлагается производить упаковочный картон из макулатуры, который разрешает следующую проблему – загрязнение окружающей среды промышленными отходами;

Таким образом, разработка упаковочного картона из макулатуры является важной задачей, которая может быть решена путем проведения инновационного исследования. Решением этой задачи является разработка технико-технологического решения и создания организационно-экономической модели производства упаковочного картона из макулатуры в условиях Алтайского края, что требует проведения исследований в области производственных технологий, организации логистики, сбыта и маркетинга продукции. Разработка упаковочного картона из макулатуры может способствовать повышению экологической культуры

и снижению количества отходов на свалках, что в свою очередь улучшит экологическую ситуацию в регионе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рынок макулатуры МС–5Б тарного картона и гофропродукции в 2019 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gofro.expert/novosti/b-rynok-makulatury-ms-5b-tarnogo-kartona-i-gofroproduksii-v-2019-g-b/#razdel41>

2. Патент 2256018 Российская Федерация, МПК D 21 Н 27/10, D 21 Н 11/10. Волокнистая масса для изготовления упаковочного материала / Мутовина М.Г., Бондарева Т.А.; заявитель и патентообладатель ОАО «Центральный научно-исследовательский институт бумаги» - № 2004121847/12; заявл.20.07.2004; опубл. 10.07.2005. – 7 с.

3. Теоретические основы технологии повышения прочности картона из макулатуры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/>

4. Управление инновационными проектами: учеб.пособие / Под ред. Проф. В.Л. Попова. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 336 с.

5. Новоселов С.В. Формирование интеллектуальной собственности в научно-технической сфере в условиях инновационной деятельности: учебное пособие / С.В. Новоселов, А.Н. Коржавина; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2012. – 110 с.– ЭБС АлтГТУ.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ЛОКАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Балахнин Сергей Владимирович, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail: balakhnin-2017@mail.ru

Научный руководитель – Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail: novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье рассматривается актуальность разработки технологии производства системы локального освещения на основе применения с ней солнечных батарей. Статья подробно описывает преимущества применения солнечных батарей: экономию затрат на электричество, экологическую чистоту и безопасность. Также отмечается простота их установки, без необходимости устанавливать провода. В целом, применение солнечных батарей в садовых фонариках является универсальным и экологически чистым способом решения многих проблем, связанных с обеспечением освещенности уличной территории.

Ключевые слова: уличное освещение, садовые фонарики на основе применения солнечных батарей, автономность системы освещения, применение энергии солнца, солнечные батареи (СБ).

В современном мире человек абсолютно везде и всегда применяет электроэнергию, так как она является основой во всех сферах жизнедеятельности человека. Энергетическая проблема человечества с каждым годом приобретает все большие масштабы, что связано с ростом населения планеты и интенсивным развитием технологий, обуславливающимся постоянно растущим уровнем потребления энергоресурсов.

Энергетика является развивающейся отраслью. Происходит истощение природных ресурсов, таких как: уголь, нефть, газ и иных ресурсов, из которых генерируется электричество, а также ухудшение экологического состояния среды, в связи с этим проявляется большой интерес к применению возобновляемых источников энергии (ВИЭ), являющихся перспективными альтернативами углеводородным топливным ресурсам. Возобновляемые источники энергии – источники энергии, образующиеся на основе постоянно существующих или периодически возникающих процессов в природе, а также жизненном цикле растительного и животного мира и жизнедеятельности человека.

Возобновляемую энергию получают из природных ресурсов, таких как: солнечный свет, водные потоки, ветер, приливы и геотермальная теплота, которые являются возобновляемыми, т.е. пополняются естественным путем.

По уровню поступающей на Землю возобновляемой энергии – Солнце является самым мощным из известных источников, поэтому разработка устройств, применяющих солнечную энергию, является одним из перспективных направлений. Солнечная энергетика – область энергетики, связанная с прямым преобразованием солнечной энергии в электрическую энергию на основе физического явления фотоэффекта. Солнце – неиссякаемый источник экологически чистой энергии. С развитием новых технологий стало возможным аккумулирование энергии Солнца. Люди научились преобразовывать солнечный свет в электроэнергию с помощью солнечных батарей, которые вполне могут заменить стандартное «электричество» ведь, работая от солнечной энергии, они производят её даже зимой.

Развитию солнечной энергетике уделяет внимание всё больше стран, способствуя открытию мощных солнечных электростанций (СЭС). Основу представляют панели, составленные из специальных фотоэлементов – солнечные батареи (СБ), которые преобразуют энергию солнца в электричество. Кроме как в СЭС, солнечные батареи могут применяться в самых различных областях, например в области осветительной атрибутики, а конкретно в садовых фонариках. Применение фотоэлектрических преобразователей для генерации электроэнергии позволяет комплексно решать вопросы автономного энергоснабжения садовых фонариков, экономии ископаемых источников энергии и, как следствие, экономии денежных средств каждого владельца таких фонариков при оплате коммунальных услуг.

Формулировка проблемы: огромный расход природных невозобновляемых ресурсов, необходимых для генерации электроэнергии, сопровождающийся истощением запасов ископаемых ресурсов и выбросом вредных веществ в атмосферу.

Применение солнечных батарей позволяет решать глобальную проблему изменения климата и экологического кризиса. Вместо применения ископаемых видов топлива (угля, нефти и газа), используемых для производства энергии, солнечные батареи получают энергию непосредственно от Солнца, что является более экологически чистым и устойчивым решением для будущих поколений. Кроме того, применение солнечных батарей способствует экономии энергии и переходу на возобновляемые источники энергии, что также является важным шагом в решении глобальной проблемы изменения климата.

Применение СБ в садовых фонариках позволяет решить множество проблем, связанных с экономией электрической энергии, обеспечением освещенности уличной территории, повышением уровня безопасности общественных пространств и экологической чистотой. СБ в садовых фонариках позволяют решить проблему необходимости подключения фонарей к электрической сети. Батареи заряжаются при помощи солнечной энергии днем и обеспечивают работу фонарей в ночное время. Таким образом, это экологически чистый и экономически выгодный способ освещения сада.

Фонарик состоит из следующих конструктивных частей:

Солнечная батарея (панель). Главный элемент фонарика и самый дорогой. Основа солнечной батареи – кристалл чистого кремния, выращиваемого в искусственных условиях. КПД панелей из кремния с добавками фосфора и бора достигает показателя в 20-22%. Панель состоит из фотогальванических ячеек, в которых энергия солнечных лучей преобразуется в электрический ток за счет фотогальванических реакций.

Аккумулятор. Накапливает электрический ток, который производит панель. Аккумулятор подсоединяется к батарее при помощи специального диода. Диод проводит электричество только в одну сторону. В темное время суток диод становится источником энергии для лампочек, а в светлое – питает контроллер и другую автоматику. Аккумулятор будет никель-металлогидридный. Данный аккумулятор хорошо справляется с многочисленными циклами заряд-разряд, не имеет памяти, поэтому заряжается он в любое время без ущерба техническим параметрам.

Источник света. Светодиоды расходуют минимум энергии, выделяют мало тепла (не нагреваются) и имеют длительный гарантийный срок эксплуатации.

Контроллер. Прибор, который управляет процессом заряда/разряда аккумулятора. Контролирует, показывает состояние аккумулятора. Выполняет функцию фотореле - отвечает за автоматическое включение света, когда стемнеет и выключает с рассветом.

DC-DC преобразователь понижающий. Устройство изменяет постоянное напряжение. Номинальное напряжение аккумулятора 12 вольт, максимально заряженный имеет напряжение 14 вольт, а светодиод работает с прямым напряжением от 2В до 4В, DC-DC преобразователь должен быть понижающим для того, чтобы светодиод не перегорел.

Корпус. Все перечисленные компоненты заключены во внешний корпус. Корпус должен быть устойчивым к прямым солнечным лучам, осадкам, пыли и грязи. Сверху корпуса размещается плафон, который выполняет защитные функции и рассеивает световой поток в пространстве.

Опора светильника. Корпус размещается на металлической опоре: столбе или иной ножке. В зависимости от назначения опора изготавливается разной высоты.

Производство одного садового фонарика требует наличие всех вышеперечисленных комплектующих в количестве по одной штуке.

По статистике за 2018 год Алтайский край из всех регионов РФ занял 32 место по потреблению электроэнергии, откуда можно сделать вывод, что наш регион, хоть и не самый энергозатратный, но потребляет на уровне с другими достаточно большое количество энергии. В связи с этим жители Алтайского края будут заинтересованы в применении в быту новых систем освещения в виде садовых фонариков на основе применения солнечных батарей для автономного их функционирования, не используя электроэнергию из сети.

Садовые фонарики на основе применения в них солнечных батарей применяются в быту для безопасного и удобного передвижения по участкам в ночное время суток.

Принцип работы садового фонарика на основе применения в нем СБ:

СБ принимает солнечную энергию и преобразует её в электрический ток.

Электрический ток идёт в контроллер заряда, регулирующий заряд аккумулятора.

Заряженный аккумулятор направляет электрический ток в осветительное устройство через DC-DC преобразователь для понижения постоянного тока с 12-14 В до 2-4 В, пригодного для функционирования светодиода.

Включение/выключение света происходит с помощью фотореле, который реагирует на уровень освещения и автоматически включает/выключает осветительное устройство.

Характерных преимущества относительно аналогов:

1. Автономность – уличные фонарики, которые питаются от сети, становятся неработоспособными из-за отключения электричества или сбоя в системе. Фонарики, оснащенные СБ, работают независимо от сети и могут функционировать даже во время отключения электричества.

2. Неисчерпаемость источника.

3. Экономичность – применение солнечной энергии для работы фонарика уменьшит затраты на электроэнергию и экономит деньги.

4. Электробезопасность и практичность – не требуется дополнительная проводка к электрической сети, что облегчает установку и эксплуатацию фонарика. Вероятность получения электротравмы сведена к нулю.

5. Экологичность – фонарик работает на чистой энергии солнца, поэтому не происходит никаких вредных химических реакций, например выделение углекислого газа, что уменьшает загрязнение окружающей среды.

Распространение данной системы освещения на основе применения СБ может привести к следующим положительным последствиям:

Меньшее применение традиционных энергетических источников, что снизит нагрузку на электросети и уменьшит выброс углекислого газа.

Снижение затрат на энергию для домовладельцев, что улучшит уровень жизни и позволит экономить деньги на электричестве.

Уменьшение влияния на окружающую среду и помощь в сохранении ресурсов планеты, что улучшит общественное здоровье и благосостояние.

Рост осведомленности людей о зелёных технологиях и их влияния на окружающую среду приведёт к повышению интереса к экологически чистым продуктам и технологиям.

Таким образом, разработка системы локального освещения на основе применения солнечных батарей является актуальным решением, что связано с повышением эффективности применения энергии, уменьшением затрат на оплату электричества и снижением выброса углекислого газа. Разработка садовых фонариков на основе СБ является перспективным направлением развития инженерных решений в области энергетики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии: учеб. пособие / В.В. Елистратов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 224 с.
2. Степура Ю.П. Общая характеристика, недостатки и перспективы солнечной энергетики / Ю.П. Степура, А.Г. Власов, Е.В. Воробьев. – Электрон. дан. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. - № 43. – С. 283-285.
3. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / Коллектив авторов. – СПб.: Наука, 2002. 314с.
4. Тетельмин В.В. Физические основы традиционной и альтернативной энергетики: [учеб. Пособие для студентов инженер.-физ., энергет. И экол. Специальностей] / В.В. Тетельмин, В.А. Язев. – Долгопрудный: Интеллект, 2016. – 175 с.
5. Пачурин Г.В., Соснина Е. Н., Маслеева О.В., Крюков Е.В. Экологическая оценка возобновляемых источников энергии: Учебное пособие / Под общ. ред. Г.В. Пачурина. – 2-е изд., стер. - СПб.: Издательство «Лань», 2017. – 236с.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГИПСОВЫХ БЛОКОВ МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО ПРОСУШИВАНИЯ

Батуков Иван Алексеевич, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail:ibatukov@yandex.ru

Научный руководитель - Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail:novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрена актуальность разработки технологии производства гипсовых блоков методом холодного просушивания, проблема дороговизны производства гипсовых блоков, дороговизны гражданского жилья и загрязнения окружающей среды. Представлено обоснование разработки технологии производства гипсовых блоков методом холодного просушивания в граничных условиях Алтайского края и отрасли строительства.

Ключевые слова: *строительные материалы, гипс, технология, производство, метод холодного просушивания.*

На территории Алтайского края с 2006 года по 2022 год наблюдается непрерывный рост объемов гражданского строительства, в среднем на 5–7 % в год. Показатель обуславливает и рост цен на один квадратный метр в 5–7 % в год. А рост цен на квартиры всего за 3 года составил более 20 % в год [1].

Исходя из вышеприведенной статистики, можно сделать вывод, что жители Алтайского края нуждаются в более доступном жилье, стоимость которого зависит от материалов, применяющихся при строительстве. Перегородочные стены и плиты занимают 2/3 всех стен здания, которые преимущественно выполнены из гипса.

Следовательно, можно снизить стоимость гражданского жилья за счет снижения себестоимости строительного материала, сохраняя при этом его качество. Гипсовые блоки, кото-

рые можно получить, применяя технологию производства методом холодного просушивания, являются подходящим строительным материалом.

Для разработки технологии холодного просушивания был произведен анализ литературы, а также патентный поиск и выбраны два наиболее подходящих патента.

Патент SU 119428A1 1959 г. «Устройство для производства гипсовых блоков», автором которого является Болотиновский И.И. Основная идея этого патента - высушивать гипсовые блоки, собрав их все в небольшой по габаритам установке, расположив их напротив друг друга [2].

Патент SU 731227A1 1980 г. «Способ сушки гипсовых изделий». Ключевая идея данного патента заключается в том, что сушку необходимо осуществлять в несколько этапов, не стремясь к сокращению временных рамок цикла производства, а давая возможность заготовкам доходить до необходимой влажности путем естественного высыхания на складе, в течение 2–2.5 часов [2].

В ходе изучения литературы и существующих технологий производства гипсовых блоков, выявлена отраслевая проблема длительного (18–22 ч.), токсичного и дорогостоящего процесса производства гипсовых блоков.

Основные идеи патентов, а также анализ литературы позволяет создать технологию производства гипсовых блоков методом холодного просушивания, которая предусматривает избавление от некоторых недостатков существующей технологии.

Установка имеет размер каждой пластины, соответствующий стандарту выпускаемых плит (667×500×80 мм), выполнена из конструкционной углеродистой качественной стали марки 05 КП, соответствующей механическим свойствам по стандарту ГОСТ 1050–2013. А готовая продукция будет соответствовать требованиям ГОСТ 6428–2018 [4].

Принцип работы новой технологии основан на физическом адиабатическом процессе, за счет чего возникает два эффекта.

Первый эффект заключается в механическом удалении воды из пористого пространства гипсового блока. Второй эффект заключается в возникновении обратного адиабатического процесса, которому способствует разница парциального давления внутри блока и его поверхности. Влага устремляется к наружным поверхностям блока и испаряясь, блок высушивается до необходимой влажности.

Карта технического уровня (таблица 1) отражает основные преимущества новой технологии по сравнению с аналогами. Отличительными чертами новой технологии является:

Уменьшение времени производства.

Снижение себестоимости готового товара.

Снижение количества вредных выбросов в атмосферу за счет отказа от сжигания природных ресурсов при производстве.

Снижение трудозатрат как на производстве, так и при пользовании новым товаром.

Таблица 1 – Карта технического уровня технологии производства гипсовых блоков методом холодного просушивания

Параметры	Новый товар	Аналоги	
	Технология холодного просушивания	Технология сушки гипсовых изделий	Устройство для производства гипсовых блоков
Особенности назначения	Не предусматриваются процессы обжига материала, предназначается для производства гипсовых блоков любой другой конфигурации	Сушка гипсовых изделий проходит в несколько этапов. Увеличивает качество готового продукта.	Сушка гипсовых изделий проходит длительный процесс (18–24 ч.), применяется сжигание природных ресурсов.
Достоинства	Более экономичный и эффективный способ, уменьшение площади, необходимой для изготовления, меньшее коли-	Качественный конечный продукт, возможность автоматизировать весь процесс производ-	Проверенная и отработанная технология, малый процент брака, большое количество рабочих мест, большие объемы производства.

Продолжение таблицы 1

	чество вредных выбросов	ства	
Недостатки	Потребление большого количества электроэнергии, малое количество рабочих мест, процент брака неизвестен	Долгий процесс производства, большое количество вредных выбросов, требуется четкое соблюдение всех температурных режимов	Большое количество вредных выбросов, долгий процесс производства, высокая себестоимость конечного продукта
Себестоимость	500 руб./ м3	650 руб./ м3	600 руб./ м3
Состав	Строительный гипс марки Г-5, пластификаторы и вода	Строительный гипс марки Г-5, пластификаторы и вода	Строительный гипс марки Г-4, пластификаторы и вода
Тип упаковки	Не требуется	Не требуется	Не требуется
Размер	667x500x80 мм	667x500x80 мм.	667x500x80 мм. 667x500x120 мм.

Технология производства гипсовых блоков способна снизить себестоимость конечного товара, следовательно, у производителя и продавца появляется возможность снизить отпускную цену товара. Вес готовых блоков составляет от 26 до 28 кг, в зависимости от марки гипса и плотности, а вес газобетонных плит от 28 до 37 кг. (размеры плит одинаковые для объективности оценки). Следовательно, появляется возможность снижения трудозатрат, а значит и цены на готовый продукт в виде гражданского жилья.

Технология предусматривает отказ от сжигания природных ресурсов в тех объемах, которые применяет существующая технология, а значит и выбросов в окружающую среду станет значительно меньше, что положительно скажется на здоровье граждан, проживающих в регионе производства.

Соответствие выпускаемой продукции ГОСТам и СНИПам позволяет технологии конкурировать на рынке не только с аналоговыми продуктами, но и с прямыми конкурентами.

Создание новых рабочих мест и экологичность производства приведет к увеличению количества работающих граждан, что положительно скажется на их качестве жизни.

Таким образом, основной целью создания технологии производства гипсовых блоков методом холодного просушивания является повышение качества жизни людей, повышение доступности гражданского жилья, снижение количества вредных выбросов в атмосферу в граничных условиях Алтайского края. Технология производства гипсовых блоков методом холодного просушивания имеет большие перспективы в условиях региона, так как в регионе не представлено ни одного действующего предприятия, которое занималось бы производством гипсовых блоков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Статистические данные – «Алтайкрайстат». Режим доступа <https://akstat.gks.ru/storage/mediabank/ta8NpxW1/Пресс-выпуск%20жилстроительство%20Алт.край.pdf>

2. Патент SU119428A1 1959 г. «Устройство для производства гипсовых блоков» / Болотиновский И.И.: заявитель и патентообладатель Болотиновский И.И. заявл: 1958.02.24, дата публикации: 1959.01.01. Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU2607434C2_2017

3. Технология производства пазогребневых плит – «Аксолит». Режим доступа: <https://aksolit.com/product/25/>

4. ГОСТ 6428–83. Плиты гипсовые для перегородок. Технические условия. Обозначение: ГОСТ 6428–83. Статус: действует.

5. Новоселов С.В. Теоретическая инноватика: научно-инновационная деятельность и управление инновациями: учебное пособие / С. В. Новоселов, Л. А. Маюрникова. - Санкт-Петербург: ГИОРД, 2017. - 416 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОВРИКОВ БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

Бердинских Данил Сергеевич, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail:berdinskikh_danil@mail.ru

Научный руководитель - Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail:novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрена актуальность разработки технологии производства ковриков бытового назначения из резинотехнического сырья. Представлено обоснование применения механического измельчения отработанных автомобильных шин для производства резиновой крошки. Описаны технологические особенности производства ковриков бытового назначения из резиновой крошки. Обоснована потребительская ценность производимого продукта.

Ключевые слова: коврики бытового назначения, резинотехнические изделия (РТИ), переработка автомобильных шин, утилизация резиновых отходов.

Загрязнение окружающей среды является одной из главных проблем Алтайского края. На обстановку влияют несколько факторов: выбросы предприятий теплоэнергетики, увеличение количества транспорта на дорогах, ухудшающаяся ситуация с зелеными насаждениями, а также игнорирование применения вторсырья для общественных нужд.

В России наблюдается тенденция увеличения производства автомобильной промышленности, включающая шинную отрасль. Покрышки скапливаются в спецхозяйствах, предприятиях автосервиса, шиномонтажа, транспортных предприятиях, а также в частном секторе. Отсутствие централизованной системы сбора и переработки автомобильных шин ведет к увеличению площади свалок, повышению количества предприятий по сжиганию отработанных покрышек [3].

При оценке общественного здоровья необходимо применять подход, позволяющий рассмотреть его как сложную динамическую модель, определяемую связями составляющих элементов и взаимодействующую с другими многочисленными общественными и природными системами. По данным ГИБДД Алтайского края на 1 января 2020 года в регионе зарегистрировано около 788 тысяч единиц автотранспортной техники, 83,4% приходится на легковые автомобили, 6,3% составляют грузовые автомобили, 5,8% полуприцепы и прицепы, 3,8% мотоциклы и 0,7% автобусы. Разделение транспортных средств по видам представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка объемов списываемых шин в Алтайском крае

Вид ТС	Легковые	Грузовые	Автобусы	Мотоциклы	Прицепы и полуприцепы	Всего
Количество ТС, ед.	657200	49623	5516	29956	45705	788000
Среднегодовой пробег, тыс. км	17	25	28	10	15	-
Коэффициент сменяемости шин	0,425	0,357	0,431	0,200	0,200	-
Количество изнашивающихся шин на одном ТС, шт.	1,70	3,57	2,58	0,40	1,60	-
Общее количество списываемых шин, шт.	1117240	177154	14231	11982	73128	1393735
Общий вес шин, кг.	7820680	6200390	498085	59910	2559480	17138545

По результатам оценки и расчета объемов списываемых шин в Алтайском крае ежегодно выходит из эксплуатации более 17 тысяч тонн автомобильных покрышек. Основная часть данного объема попадает на свалки, где происходит выделение продуктов разложения каучуков, реакционных и токсичных химических соединений, остальная часть утилизируется. Наиболее распространенными способами обращения с изношенными шинами является

сжигание, захоронение или свалка, подобное обращение с отходами повышает негативное воздействие на окружающую среду путем накопления не биоразлагаемых отходов. Следовательно, применение технологии по безопасной утилизации изношенных автомобильных шин является актуальным [1].

Анализ современных подходов к утилизации использованных автомобильных шин позволяет выявить достоинства и недостатки, оказывающие влияние на состояние окружающей среды и здоровье человека в целом. Механический способ переработки шин является оптимальным вариантом по решению проблемы утилизации изношенных автопокрышек на территории Алтайского края.

Сложность процесса механического измельчения резиновых отходов состоит в определении характера, величины и направления нагрузок, трудности количественного учета результатов разрушения.

Недостатком является высокая себестоимость конечного продукта, механическое измельчение шин предполагает наличие специального оборудования и считается дорогим способом переработки за счет повышенного расхода электроэнергии.

Механическое измельчение покрышек позволяет получить измельченную резиновую крошку, которую можно применять для изготовления напольных покрытий. За счет применения в качестве сырья автомобильных покрышек, разделения по типоразмеру, отделения рубленого металлического корда и текстильных отходов с помощью магнитных и воздушных сепараторов, а также установки системы воздушного охлаждения предполагается повышение качества резиновой крошки, производимых ковриков, уменьшение выделения загрязняющих веществ от нагрева резины.

Этапы производства резиновых ковриков из использованных автомобильных шин:

1) Сортировка шин по типу и размеру для установки параметров оборудования под определенный вид покрышек.

2) Резка отсортированных покрышек на ленты и куски средних размеров с применением механических резаков, гильотин, гидравлических ножниц.

3) Дробления крупных кусков резины до небольших чипсов размером от 2 см² до 10 см² в специальной шредерной установке.

4) Конечное измельчение резиновых чипсов до необходимых по размерам фракций.

5) Отделение резиновой крошки от побочных продуктов переработки: рубленый металлический корд, текстильных отходы, прочие отходы.

6) Разделение полученной резиновой крошки через вибросито, где происходит разделение по фракциям.

7) Смешивание сырья для производства ковриков бытового назначения. Подготовка сырьевых компонентов, взвешивание, смешивание миксером в нужных пропорциях. С помощью близкого контакта соседних крошек при тщательном смешивании ингредиентов обеспечивается высокая плотность изделия.

8) Прессование смеси в пресс-формах. Перенос смеси в матрицы пресс-форм, которые устанавливаются в прессе.

9) Отстаивание в термошкафах. Спекание резиновых ковриков в термошкафах для приобретения необходимых технических характеристик, при 120°C период составляет 10-15 мин.

10) Складирование. Изъятие готовой продукции из форм, отправка на склад.

Контроль качества включает контроль конструкции и проверку изготовления, отличающихся объемами проводимых контрольных мероприятий при сплошном контроле и объеме выборки при выборочном.

Технология производства ковриков бытового назначения из резинотехнического сырья представлена на рисунке 1.

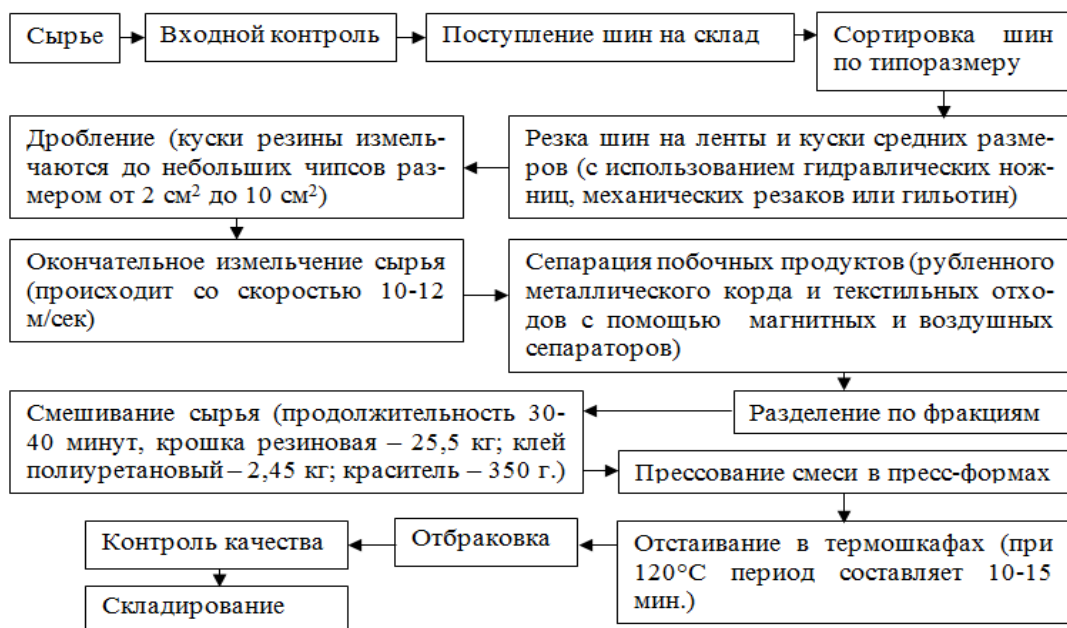


Рисунок 1 – Технология производства ковриков бытового назначения

Выбор ковриков бытового назначения, как конечного продукта переработки, обуславливается рядом факторов: 1) Крошка, полученная при переработке, обладает недостаточным качеством для восстановления покрышек, либо применения для производства высокопрочной резины. 2) Стандарты и ГОСТы, относящиеся к производству продукции из вторсырья. 3) Резиновые коврики являются востребованным товаром среди жителей Алтайского края. 4) Высокие прочностные характеристики готового продукта [2].

Коврики бытового назначения из резинотехнического сырья имеют следующие потребительские свойства:

- 1) Способность выдерживать неблагоприятные температурные условия Алтайского края (от -30°C до $+60^{\circ}\text{C}$).
- 2) Устойчивость к механическим повреждениям и сырости.
- 3) Срок службы составляет более 10 лет при активном пользовании.

Перечисленные свойства позволяют сделать вывод о потребительской ценности производимого товара, за счет повышенных прочностных характеристик, показателей надежности и долговечности коврики будут востребованы на рынке Алтайского края.

Выполнено моделирование наукоемкого производства с применением программного продукта «Project Expert» в граничных условиях региона и отрасли. Модель наукоемкого производства резиновых ковриков обеспечивает окупаемость затрат в период до 5 лет. Индекс прибыльности модели наукоемкого производства равен 1,14 при привлечении 8 миллионов рублей инвестиций в условиях Алтайского края.

Таким образом, создание новой технологии по производству ковриков бытового назначения из резинотехнического сырья способствует снижению загрязнённости воздуха и значительно уменьшит площади, необходимые для складирования уже использованных автомобильных шин.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бышов Н.В. Переработка шин и их элементов / Н.В. Расков, С. Н. Борычев, Г.Д. Кокорев // Научный журнал КубГАУ. – Кубань, 2016. – С. 35-38.
2. Технология производства резинотехнических изделий: учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» специализации 1-48 01 02 05 «Технология переработки эластомеров» / А.В. Касперович, Ж.С. Шашок, К.В. Вишневикий. – Минск: БГТУ, 2014. – 108 с.
3. Пальгунов П.П., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов.- М.: Стройиздат, 1990-352 с.

АКТУАЛЬНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ БЕЛЫХ ГРИБОВ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ НА ОСНОВЕ СУБСТРАТА

Веремеенко Илья Петрович, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail:ilya.veremeenko7@mail.ru

Научный руководитель – Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail:novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной работе рассмотрена актуальность разработки технологии выращивания белых грибов в искусственных условиях на основе субстрата. Описаны лечебно-профилактические и питательные свойства белого гриба, практическое применение. Разработано технико-технологическое решение технологии выращивания белых грибов в искусственных условиях на основе метода научно-технического творчества. На основе программной среды «Project Expert» разработан план производства по интродукции белых грибов и описаны перспективы обогащения белых грибов полезным для организма соединениями и элементами.

Ключевые слова: выращивание в искусственных условиях, белые грибы, лечебно-профилактические свойства белых грибов, здоровое питание, биологически активные вещества, модель плана производства.

Алтайский край расположен в климатических условиях с холодной ветреной зимой, длящейся 4-5 месяцев, и жарким знойным летом. Смена времен года сопровождается вспышками инфекций и вирусов и является одним из факторов иммунодефицита человека. Учитывая резко континентальный климат региона человеку необходимо постоянное поступление витаминов и других биологически активных веществ, которыми обладают, например, белые грибы. На территории Алтайского края свежие белые грибы являются сезонным продуктом.

Согласно данным Росстата за 2022 год в Алтайском крае зарегистрировано более миллиона случаев простудных заболеваний, а у 60–80 % населения России наблюдается недостаток витаминов в организме. Около 100000 граждан Алтайского края являются потенциальными покупателями, регулярно употребляющими грибы и отдающие предпочтение белым грибам [5].

При анализе количества случаев простудных заболеваний населения Алтайского края с использованием статистических данных портала федеральной службы государственной статистики можно сделать вывод о высокой заболеваемости граждан, одной из причин которой является иммунодефицит.

Проблема: дефицит в организме человека необходимых биологически активных соединений; отсутствие свежих белых грибов на потребительском рынке круглый год и разнообразие рациона питания.

Население региона подвержено простудным заболеваниям и нуждается в питательном продукте, способном повысить иммунитет населения и уровень общего здоровья. Белый гриб может служить таким продуктом: в совокупности он превосходит по содержанию макро- и микроэлементов такие грибы как шампиньоны, вешенки, опята и грузди. Белые грибы – любимый многими продукт, позволяющий питаться вкусно и обеспечивать свой организм необходимыми питательными соединениями [2].

Исходя из вышесказанного необходимо создание технологии выращивания белых грибов, обеспечивающей потребительский рынок Алтайского края белыми грибами, потребление которых разрешит проблему укрепления иммунитета у населения Алтайского края и недостатка биологически активных веществ в организме человека через лечебно-профилактические свойства.

В настоящее время культивация белых грибов, грибов-полевков или аналогичных грибов осуществляется в культивационных грядах, что в некоторых странах в связи с климатическими условиями невозможно. Выращивание белых грибов в искусственных условиях требует наличия уровня знаний об их строении и процессах роста.

Новшество представляет собой технологию, которая включает в себя комплекс процессов и оборудования по выращиванию белых грибов на основе специального разработанного субстрата в помещении, именуемом комнатой выращивания.

Создание условий окружающей среды основывается на комплексе оборудования для частичной автоматизации технологического процесса производства грибов – регулировка температуры, влажности воздуха, количества солнечного света, устройства для полива и вентиляции.

Таким образом, для осуществления технологии необходимым из основных элементов является субстрат со специальным химическим составом для роста белых грибов, определяющий количество каждого из его компонентов: вода, гумус (конский навоз), сульфат аммония, солома, опилки, фосфогипс, карбамид, хлорид калия [3].

Выращивание белого гриба осуществляется на основе субстрата из конского навоза с удобрениями. Этапы технологии выращивания белых грибов в искусственных условиях на основе субстрата изображены на рисунке 1 в виде основных элементов.

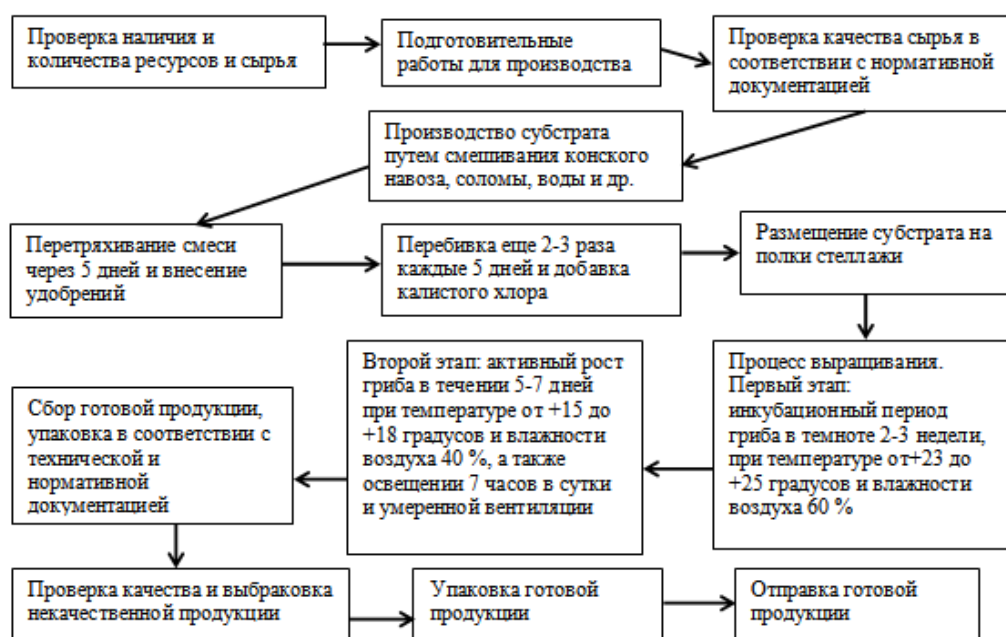


Рисунок 1 – Основные элементы технологии выращивания белых грибов на основе субстрата в искусственных условиях

Белые грибы отличаются спектром лечебно-профилактических свойств, положительно влияющих на человеческий организм. В белых грибах больше, чем в других, содержится рибофлавин – вещества, отвечающего за здоровье и рост ногтей, волос, кожи и за здоровье организма в целом. Важен рибофлавин для поддержания функции щитовидной железы. Белый гриб кроме органолептических качеств, славится своей способностью стимулировать секрецию пищеварительных соков, превосходя в этом отношении мясные бульоны [2].

Экспериментальные исследования показали, что употребление белого гриба, содержащего полисахариды, оказывает противоопухолевое, иммуномодуляторное воздействие, предупреждает возникновение рака почек. Противоопухолевыми свойствами обладает также выделенный из тела гриба лектин. Белые грибы обладают противомикробными, ранозаживляющими, тонизирующими и противоопухолевыми свойствами. Содержащиеся в них полисахариды и сера помогают в борьбе с онкологическими болезнями, а лецитин полезен для профилактики атеросклероза. Белые грибы способствуют процессам обновления клеток и усиливают работу иммунной системы, защищая организм от разных бактерий, грибков, вирусов и канцерогенных веществ [1].

Согласно ожидаемому социальному эффекту разработка и реализация технологии круглогодичного выращивания белых грибов обеспечит потребительский рынок белыми

грибами, обладающими лечебно-профилактическими свойствами, и способствует снижению случаев простудных заболеваний за счет укрепления иммунитета и повышения общего уровня здоровья населения Алтайского края.

Белые грибы, имея пористую структуру, впитывают из почвы все макро- и микронутриенты, накапливая их в себе и передавая таким образом в конечный продукт потребителя. Технология выращивания белых грибов в искусственных условиях позволяет на основе данного свойства грибов обогащать их определенными соединениями и элементами, полезными человеку. Например, перспективным является такая добавка, как витамин D, помогающий усваивать кальций и фосфор из пищи, тем самым препятствуя развитию кариеса и ускоряя заживление переломов. Витамин D повышает устойчивость к вирусным заболеваниям, что крайне важно при вспышках вирусных заболеваний.

Подконтрольная интродукция белых грибов позволяет повысить качество конечного продукта. В искусственных условиях, в отличие от естественных, человек контролирует химический и органический состав субстрата, на котором растет гриб, состав и количество удобрений, воду, воздух и стерильность – условия в которых выращивается белый гриб. Высокий контроль и управляемость производства обеспечивает высокое качество гриба и исключает попадания в него тяжелых металлов, радиации или инфекции.

Выращивание белых грибов в искусственно созданной среде дает возможность собирать до шести урожаев в год в отличие от 1-2 урожаев в естественной среде. Себестоимость белых грибов, выращенных по разработанной технологии, составит 707 рублей за килограмм, а конечная цена – 1000 рублей за килограмм, что несколько выше рыночной, но обуславливается всесезонным предложением [4].

Технология выращивания белых грибов позволяет производить продукцию более высокого качества, чем лесные грибы, обеспечить круглогодичную доступность белого гриба на потребительском рынке и дополнить рацион питания человека витаминами (А, В1, С и особенно D), макро- и микроэлементами и аминокислотами. Белые грибы вносят разнообразие в рацион питания и выделяются своим ароматом, не темнеют при термической обработке, питательны и богаты белками, углеводами, рибофлавином, способствуют пищеварению [1].

Таким образом, разработка инновационного проекта на основе технологии выращивания белых грибов в искусственных условиях на основе субстрата представляется актуальной задачей в условиях процесса научно-инновационной деятельности от идеи до потребителя в граничных условиях Алтайского края. Исследования в данной области перспективны и могут быть рассмотрены для применения в условиях Алтайского края.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кадырова Г.Х. Лечебные свойства белого гриба: статья в Электронном научном журнале «Биология и интегративная медицина» №7. / Кадырова Г.Х., Кароматов И.Д. – Бухара: 2017. – 7 с.
2. Лобанкова О.Ю. Грибоводство: учебное пособие / Лобанкова О.Ю., А.Н. Есаулко, В.В. Агеев, и др. – Ставрополь: АГРУС, 2012. – 140 ст.+ 16 цв. ил.
3. Михайлова Л.А. Особенности питания и удобрения основных сельскохозяйственных культур на почвах Предуралья: учебное пособие / Л.А. Михайлова, Т.А. Кротких; под общ. ред. Л.А. Михайловой; М-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВО «Пермская гос. с.-х. акад. им. акад. Д.Н. Прянишникова». – Изд. 2-е – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2014. – 223 с.
4. Новоселов, С.В. Теоретическая инноватика: научно-инновационная деятельность и управление инновациями: учеб. пособие / С.В. Новоселов, Л.А. Маюрникова. - СПб.: ГИОРД, 2017. - 416 с.
5. Росстат – Федеральная служба государственной статистики: [Электронный ресурс]. URL <https://rosstat.gov.ru>

ТЕХНОЛОГИЯ БЕСШОВНОЙ ПЕЧАТИ КАК МЕТОД ПРОИЗВОДСТВА ФОТООБОЕВ ДЛЯ ИНТЕРЬЕРА ПОМЕЩЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Грекова Татьяна Александровна, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail: grekova_2001@bk.ru

Научный руководитель - Новоселов Сергей Владимирович, профессор, д.т.н.,
e-mail: novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрена актуальность внутреннего оформления помещений различного назначения, а также актуальность разработки технологии бесшовной печати для производства настенного покрытия «фотообои». Описаны конкурентные преимущества технологии бесшовной печати для производства настенного покрытия «фотообои» и выходящего из нее нового товара – бесшовные фотообои в сравнении с существующим аналогом – шовные фотообои, представленного в строительных магазинах.

Ключевые слова: настенное покрытие, бесшовные фотообои, печать, технология бесшовной печати, оформление помещения, размер фотообоев.

Внутреннее оформление помещений - это важный аспект любого дома или рабочего пространства, который может оказывать влияние на нашу жизнь и настроение. В последнее время становится все более популярным уделять внимание эстетическим потребностям человека при оформлении интерьера. Это связано с тем, что люди становятся все более осознанными и стремятся к созданию гармоничной и уютной обстановки в своих домах или рабочих местах.

Известно, что внутреннее оформление помещения создает настроение и определенный стиль. У каждого человека свое виденье, как должно выглядеть то или иное помещение в зависимости от его назначения [1]. В современное время над правильным оформлением помещения задумываются не только в квартирах и домах, а также в офисах, детских садах, поликлиниках и многих других местах, в которых атмосфера помещения играет важную роль и может оказывать значительное влияние на психологическое и эмоциональное состояние человека.

В 2016 году исследовательская компания «DYSCOVERY Research Group» провело исследования рынка обоев в России. Объектом их исследования стал ассортимент сети гипермаркетов строительных материалов в России [2].

По данным исследования по потребительскому спросу лидируют фотообои на флизелиновой основе, поскольку имеют упрощенный метод эксплуатации. Факторы, на которые больше всего потребитель обращает внимание: производитель (страна), свойства материала, цена, изображение, размеры. Однако самым важным среди них является изображение.

Стоит отметить, что по данным исследовательского опроса [2] «Потребительский спрос обоев» большинство участников проголосовало, что предпочитают обои в качестве настенного покрытия в своих помещениях, что доказывает их востребованность среди населения России.

На сегодняшний момент основные технологии производства фотообоев направлены на фабричное производство, то есть производство фотообоев происходит большими партиями, которая состоит из пяти элементов: аппарат окраски, сушильные камеры, устройства намотки, накопитель бумажного полотна и упаковочное устройство. В следствии чего, цвета печатного изображения в одной партии могут отличаться цветом изображения от другой партии. Тогда при монтаже стенового покрытия, происходящего из разных партий, разные полосы не будут образовывать красивый рисунок на стене, что в значительной степени ухудшает внешний вид помещения [2].

Технология бесшовной печати для производства настенного покрытия «фотообои» представляет из себя производство фотообоев точно в размер стены с применением современного широкоформатного интерьерного оборудования и экологически чистых чернил на материале, которая имеет флизелиновую основу.

Выбор конкретного производственного оборудования основывался на опыте существующих в России типографий [3]. Выбранное широкоформатное интерьерное оборудование «Mimaki SWJ-320ea» имеет следующие преимущества в сравнении с аналогичным оборудованием:

Оснащен новыми быстродействующими печатающими головками, обеспечивающими максимальное разрешение до 1200 dpi и фотореалистическое качество изображений благодаря технологии переменного объема капли.

Большие размеры, позволяющие использовать материал при печати до 3,2 м в высоту.

Стоимость оборудования 2500000 рублей, которая является приемлемой относительно производителя.

Выбранные в качестве экологически чистых чернил «биосольвентные чернила» являются чернилами последнего поколения. Биосольвентные чернила имеют в своем составе растительное сырье и полное отсутствие агрессивных красителей, следовательно обеспечивая безопасность производителя и потребителя. При использовании биосольвентных чернил не требует дополнительной воздушной фильтрации и приточно-вытяжной вентиляции.

Материал на флизелиновой основе применяется в различных вариантах оформления интерьеров, производства декораций, а также рекламных изделий. Материал на флизелиновой основе легок в монтаже на стены, не усаживается, не оставляет заломов, а также не просвечивает, ярко печатается и быстро сохнет. Приятной особенностью материала на флизелиновой основе является разнообразие фактур. Ширина рулона имеет в среднем следующие характеристики: 1,6 метра, 2,8 метра, 3,2 метра, длина - 50 метров и 60 метров, которые позволяют производить фотообои разнообразных размеров.

Принцип работы технологии бесшовной печати для производства фотообоев имеет следующий вид:

1. Определение размеров, выбор изображения, фактуры материала.

2. Создание макета для печати с доработкой изображения под необходимый размер с учетом всех особенностей помещения.

3. Загрузка макета в специальные программы, связанные напрямую с производственным оборудованием. Помещение в оборудование рулонного материала с необходимой фактурой. Производство фотообоев.

4. Отделение путем отрезания напечатанной части материала от основного.

Стоит отметить, что в планировке помещений могут присутствовать так называемые «внешние углы», окна, двери и так далее. В таком случае, при производстве фотообоев по технологии бесшовной печати, все особенности стены учитываются при создании макета для печати, в результате чего изображение остается цельным и подстраивается под помещение.

Выходящим продуктом технологии бесшовной печати являются бесшовные фотообои, представленные в виде цельного полотна, размеры которого идентичны размерам стены в помещении, на которую планируется дальнейший монтаж настенного покрытия. В таблице 1 представлено сравнение нового товара – бесшовные фотообои с аналогичным товаром – шовными флизелиновыми фотообоями по основным факторам.

Таблица 1 – Карта технического уровня нового товара – бесшовные фотообои

Показатель	Новый товар – бесшовные фотообои	Аналог – шовные флизелиновые фотообои
Техническое описание	Цельное полотно, один рулон. Размер полотна идентичен размерам стены	Несколько полос, рулонов. Полосы среднестатистического размера
Линия производства	Широкоформатный интерьерный принтер «Mimaki SWJ-320ea»	Аппарат окраски, сушильные камеры, устройство намотки, накопитель бумажного полотна, упаковочное устройство
Экологичность используемых чернил	Биосольвентные чернила	Неизвестно

Продолжение таблицы 1

Материал и фактуры	Основа материала – флизелиновая. Фактуры: лен, соломка, песок, нетканый холст, ворс и так далее	Основа материала – флизелиновая. Разнообразие фактур отсутствует
Библиотека изображений	Не ограничена	Ограничена
Размер	Максимальная высота – 3,2 м Максимальная длина – 60 м	Максимальная высота – 2,7 м Максимальная длина – 4 м

Исходя из таблицы 1 можно выделить конкурентные преимущества со стороны нового товара – бесшовные фотообои:

1) Вариативность.

При производстве бесшовных фотообоев человек (клиент) имеет возможность выбрать размер, фактуру материала и изображение, которое его полностью удовлетворит, что указывает на неограниченность клиента в выборе.

2) Экологичность.

При производстве фотообоев по технологии бесшовной печати используются экологически чистые чернила, которые делают товар – бесшовные фотообои безопасными для человека и окружающей среды.

3) Высокое качество.

При производстве фотообоев по технологии бесшовной печати используется оборудование, которое позволяет максимально передать цвет, детализацию и плавные переходы между цветами выбранного изображения, что указывает на высокое качество печати. Материал, который используется при производстве бесшовных фотообоев, также имеет высокие качественные характеристики, которые при монтаже бесшовных фотообоев на стену не дают отслоек.

4) Эстетический вид.

После монтажа на стену бесшовных фотообоев отсутствуют швы, которые портят внутренний вид помещения и обращают на себя внимание. Помещение выглядит целостным и продуманным.

Таким образом, оформление помещений является актуальной проблемой в настоящее время, так как дизайн помещений имеет большое значение для комфорта и удобства людей. Выбор настенных покрытий играет важную роль в создании определенной атмосферы в помещении, которая может повлиять на психологическое и эмоциональное состояние человека. В России наибольшую популярность в виде настенного покрытия имеют фотообои.

Фотообои, произведенные по технологии бесшовной печати, представляют собой один из наиболее эффективных способов для внутреннего оформления помещений, поскольку производятся точно по размерам стены. Бесшовные фотообои обладают большим выбором изображений, фактур материала, которые могут быть использованы для создания уникального стиля в помещении различного назначения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бавбеков Р.И. Цветовые характеристики и использование цвета в интерьере // Инновации в науке, г. Симферополь. – 2016 г. – 17 с.
2. Куликова М.К, Сыроватская Н.И. Исследование актуальности и тенденций обойного производства // Общество. Наука. Инновации: сборник статей XXII Всероссийской научно-практической конференции. В 2-х томах. Том 1. Киров, 2022.
3. Чуркин А.В., Сергеев С.Н., Чвякин В.А. Маркетинговые коммуникации как основа инновационных решений (на примере новинок рынка широкоформатной печати) // Практический маркетинг, ВАК, – 2019 г.

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЛИВА КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ

Дорофеев Константин Антонович, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail:kostiadka0104@gmail.com

Научный руководитель – Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail:novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрена актуальность разработки и применения автоматизированной системы полива комнатных растений, проблема гибели и появления неинфекционных заболеваний у комнатных растений, вследствие отсутствия регулярного полива и нарушения жизненного цикла растения. Представлено обоснование разработки и применения автоматизированной системы полива комнатных растений в граничных условиях Алтайского края.

Ключевые слова: оросительные системы, автоматизация, полив, комнатные растения, эстетические потребности, эргономичность.

Комнатные растения выполняют несколько функций: очистка и увлажнение воздуха, эстетическая функция. В период пандемии спрос на комнатные растения увеличился. Эксперты торговых площадок зафиксировали рост интереса к домашним растениям в России: На январь-февраль 2023 года спрос на комнатные цветы и деревья вырос на 56% по сравнению с аналогичным периодом 2022 года.

Все растения нуждаются в воде, в той или иной степени. Полив разных растений требует разного подхода. У каждого растения своя норма частоты и длительности орошения. Недостаток жидкости при поливе может погубить растения, в равной степени, как и ее избыток. Люди не способны обеспечить свои комнатные растения регулярным поливом по разным причинам: командировки, отпуска, низкая мобильность, забывчивость. Автоматизированные системы полива призваны обеспечивать комнатные растения регулярным поливом [1].

Исходя из вышеперечисленного, автоматизированная система полива комнатных растений позволит обеспечить регулярным поливом комнатные растения, что в свою очередь приведет к уменьшению числа растений, чей жизненный цикл нарушен нерегулярным поливом. Конкурентные преимущества нового товара приведут к увеличению числа потенциальных потребителей на рынке сельскохозяйственных товаров, что в свою очередь приведет к увеличению объемов производства и прибыли.

Для разработки автоматизированной системы полива комнатных растений произведен анализ литературы, а также патентный поиск и выбран наиболее подходящий патент.

Патент № RU2667743C1 – «Система программируемого полива». Автором является: Клушин Кирилл Петрович. Патент стал основным источником идей для разработки автоматизированной системы полива комнатных растений. Изобретение относится к области сельского хозяйства, а именно к оросительным системам для организации полива как в открытом, так и закрытом грунте. На его основе выбран капельный полив и датчики-таймеры [2].

В ходе изучения литературы и существующих технологий автоматизированного полива, выявлена отраслевая проблема низкой автономности и недостаточной эргономичности установок.

Основные идеи патента, а также анализ литературы позволяет создать технологию производства автоматизированной системы полива комнатных растений, которая предусматривает избавление от некоторых недостатков существующих аналогов.

Автоматизация - одно из направлений научно-технического прогресса, использующее саморегулирующие технические средства и математические методы с целью освобождения человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов, изделий или информации, либо существенного уменьшения степени этого участия или трудоёмкости выполняемых операций [3].

Автоматизированная система полива главным образом состоит из блока управления с насосом и резервуара для жидкости. Основными элементами блока управления является raspberry pi 3 – микрокомпьютер, модуль прецизионных часов DS3231 ПС, предназначенный для синхронизации установки и цифрового устройства по дате и времени, WiFi модуль ESP8266 ESP-12E, позволяющей производить настройку частоты и длительности с цифрового устройства, электромагнитные клапаны, используемые для контроля и управления потоком воды в установке, реле FOTEK SSR-40 DA, предназначенное для своевременной подачи тока на насос.

Установка располагается рядом с растениями, монтируются силиконовые трубки для подачи воды, пользователь синхронизируется с установкой через цифровое устройство, настраивает желаемое время и длительность полива. В назначенное время реле подает сигнал на насос, который под давлением доставляет воду растениям из резервуара для жидкости через съемный фильтр и электромагнитный клапан. На конце водопровода установлен наконечник с капельницей для осуществления капельного полива растений.

С помощью технологии Bluetooth цифровое устройство синхронизируется с установкой и создается возможность произвести настройку длительности и частоты полива, а также следить за количеством оставшейся воды в резервуаре. В приложение будет загружен справочник, предоставляющий информацию по норме полива для большинства комнатных растений. Целевой аудиторией автоматизированной системы полива комнатных растений являются жители Алтайского края, имеющие комнатные растения.

Карта технического уровня (таблица 1) отражает основные преимущества новой технологии по сравнению с аналогами [4]. Отличительными чертами нового товара является:

Технология настройки частоты и длительности полива.

Высокая автономность.

Эргономичность.

Таблица 1 – Карта технического уровня автоматизированной системы полива комнатных растений в сравнении с аналогами

Показатели продукта	Автоматизированная система полива комнатных растений	Аналог 1 (LECHUZA Самополивающиеся кашпо)	Аналог 2 (AQUAGENIUS система капельного полива)
Краткое описание	Установка для капельного множественного полива растений.	Капиллярный полив растений, с использованием резервуара, расположенного снизу горшка.	Полив самотеком за счет расположения установки на уровне, выше уровня растения
Автономный срок работы	12-21 день	4-6 дней	14-18 дней
Цена (за ед.товара)	790 рублей	600 рублей	3000 рублей
Достоинства	Вариативный дизайн, возможность синхронизации установки с цифровым устройством, долговечность, ремонтпригодность, высокая автономность, небольшой размер, одновременный полив до 17 растений.	Кашпо изготавливается из качественного пластика, который обладает прекрасными противоударными свойствами. Кашпо имеет высокую автономность, вариативный дизайн, не нуждается в энергоносителях.	Позволяет подключить до 16. Дозированный полив осуществляется путём периодического опрокидывания наполняемой по капле ёмкости. Не требует энергоносителей, автоматика механическая с использованием самотёка воды.
Недостатки	Требует энергоносители, трубки доступа воды могут засоряться, для корректной работы требуется правильная установка нового товара.	Значительно дороже обычных кашпо, при нерегулярной смене воды, в резервуаре появляется плесень, увеличение размеров кашпо.	Высокая стоимость товара, нет возможности настройки частоты и длительности полива.

Технология настройки частоты и длительности полива требует привлечения специалистов в области гидродинамики, программирования и автоматизации. Специалистов необходимой квалификации возможно найти в граничных условиях Алтайского края.

Таким образом, предоставлено обоснование разработки и применения автоматизированной системы полива комнатных растений в граничных условиях Алтайского края и отрасли автоматизации оросительных систем и на основе процесса научно-исследовательской деятельности «от идеи до потребителя» и в системе «наука и образование – производство – рынок». Сформулирован социальный эффект: повышение качества жизни населения, освобождение человека от механического труда во время полива, удовлетворение эстетических потребностей человека, уменьшение количества комнатных растений с нарушенным жизненным циклом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Разработка устройства для автоматического полива [Электронный ресурс] / Конопский В.Ю. Электрон. текстовые дан., - Томск:[б.и.], 03.09.2021 – Режим доступа: <https://core.ac.uk/download/pdf/53092858.pdf>
2. Пат. 2 667 743 Российская федерация, МПК А 01 G 25/00. Система программируемого полива / Клушин К.П.; заявитель и патентообладатель Клушин Кирилл Петрович - №2017123123, заявл. 29.06.2018; опубл. 24.09.2018.
3. Кравченко И.В. Методика изучения гидродинамики жидкости / И.В. Кравченко // Достижения науки и образования. - 2018. - № 3 (52). - С.1-5. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/journal/n/dostizheniya-nauki-i-obrazovaniya?i=1106372>
4. Новоселов С.В. Теоретическая инноватика: научно-инновационная деятельность и управление инновациями: учебное пособие / С.В. Новоселов, Л.А. Маюрникова.- Санкт-Петербург: ГИОРД, 2017. -16 с.

АКТУАЛЬНОСТЬ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОКОННОГО БЛОКА НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОХРОМНОГО СТЕКЛА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЗАГОРОДНЫХ ДОМАХ

Дрогалёва Татьяна Андреевна, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail:tdrogalyova@yandex.ru

Научный руководитель - Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н. профессор,
e-mail:novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрена актуальность разработки оконного блока на основе электрохромного стекла для применения в загородных домах. Описана технология изготовления, и принцип работы электрохромного стекла. Представлено обоснование разработки оконного блока на основе электрохромного стекла. Выявлены основные факторы воздействия помещения на здоровье и самочувствие человека, востребованность на фоне роста усталости к частной среде.

Ключевые слова: электрохромное стекло, загородный дом, система «умный дом», энергосбережение, инфракрасное излучение.

Вследствии промышленной деятельности человека и внедрения новых технологий ухудшается экологическое состояние планеты. В связи с ситуацией «зеленое» строительство стремительно развивается и становится все более популярным. Данное направление снижает влияние на окружающую среду и повышает комфорт жителей здания.

Реализацией целей «зеленого» строительства осуществляется за счет применения энергоэффективных технологий, электроэнергии и тепловых ресурсов, внимания к здоровью и комфорту жителей дома, улучшения самочувствия и стимуляции к эффективному отдыху. Считается, что экодома, вследствие применения строительных материалов, которые не выде-

ляют формальдегид, не оказывают негативного влияния на здоровье, благоприятно воздействуют на микроклимат, что в свою очередь делает отдых эффективным.

Одним из распространенных «зеленых» технологий является электрохромное стекло, которое использует малое количество электроэнергии для зарядки ионов в электрохромном слое и изменении светового потока, которое необходимо отражать [1].

Применение стекла в жилищном строительстве, в частности загородных домах, обеспечивает доступ дневного света, беспрепятственный вид на улицу и помогает отдыхающим сблизиться с природой, электрохромное стекло затеняет помещения без использования традиционных средств солнцезащиты. Максимально увеличивая поступление дневного света, электрохромное стекло может уменьшить блики и проникновение нежелательного солнечного тепла в дома отдыхающих. Электрохромное стекло отражает 78 % инфракрасное излучения, снижая температуру внутри помещения на 15 °С. Электрохромное стекло экономит траты по оплате электроэнергии, так как обладает способностью сохранять тепло в комнате в зимний период и не давать нагреться воздуху – в летний [2].

Инновационное исследование проводится в сфере жилищного строительства, проблема связана с эстетической потребностью и базовыми для эргономики психологическими особенностями.

Новшество с применением запатентованного электрохромного стекла заключается в создании блока на основе этого стекла, который встраивается в оконный проем в стене.

Стеклоблок в интерьере - строительный материал, изделие с герметически закрытой полостью, образованной в результате соединения двух отпрессованных стеклянных пластин (полублоков). Новый стеклоблок состоит из одного слоя электрохромного стекла. Это стекло, размера, определенного ГОСТом, с обработанными краями. Стандартное количество таких блоков в одном проеме равно одному.

Электрохромное стекло представляет собой многослойное стекло, изготовленное из двух прозрачных стекол и слоя жидкокристаллической пленки. Пленка расположена между слоями стекла. Композиция компактно собрана в единую конструкцию. Система работает следующим образом: когда питание выключено, молекулы жидких кристаллов (электрохромной пленки) находятся в хаотическом состоянии, вследствие этого падающий свет рассеивается и ламинированное стекло становится непрозрачным. Когда электричество включено, молекулы жидких кристаллов выстраиваются в определенный порядок, падающий свет проходит насквозь и стекло выглядит прозрачным. В выключенном состоянии – стекло матовое, при включении – прозрачное.

Актуальность обусловлена усиливающимся с каждым годом влиянием дизайна на социокультурную сферу жизни. Блок с применением электрохромного стекла послужит источником идей для дизайнерских решений в рамках интерьера домов для отдыха. Новшество направлено на простоту установки стекла, за счет рамки, где скрываются провода, готовое оформленное в деревянную раму стекло вставляется в предварительно подготовленный оконный проем. Деревянная рама – это красивый и эстетичный вид с учетом требования экологии, выдерживает изменение температуры и влажности, подходит под климатические условия на месте баз отдыха. Деревянная рама придает тепло и уют в интерьере. Рамки окон влияют на интерьер в большей степени, оказывают влияние на стиль помещения, его общую атмосферу. Поэтому для визуального восприятия вида из окна и эстетически оформленного помещения предлагается разработка оконного блока. По типу оконных конструкций блок с применением электрохромного стекла – это одностворчатое глухое изделие стандартного размера 1300 * 1200 мм².

Уют – важная потребность современного человека, обеспечивающая отдых и восстановление, защиту от тревог и раздражителей внешнего мира. В настоящее время на фоне усталости от политических и социально-экономических проблем наблюдается рост интереса к приватной сфере, в которой протекает повседневная жизнь человека [3].

Обоснованием социального эффекта при применении оконного блока в интерьере рассмотрены следующие эргономические характеристики: технологичность, соответствие физиологическим факторам, психологический и гигиенический показатели.

Технологический, то есть соответствие изделия требованиям производства и эксплуатации. Электрохромные оконные конструкции представляют собой сложную систему, работа которой зависит не только от качества сборки и материалов, но и от соблюдения всех условий монтажа. Сложность конструкции не отражается на удобстве ее использования.

Соответствие изделия антропометрическим характеристикам и физическим возможностям человека. Если оконную конструкцию или комплектующие к ней необходимо установить выше, чем обычно, либо ей пользуются люди с ограниченными физическими возможностями, возможна нестандартная установка для удобного взаимодействия человека с блоком.

Соответствие изделия особенностям восприятия, памяти и мышления человека. Применительно к оконным конструкциям мы можем говорить о том настроении, которое возникает от их использования. Блок с применением электрохромного стекла способен менять оптические свойства по вашему желанию. Минимальным требованием к качеству окна является его незаметность для потребителя, когда окно просто выполняет свои функции и не создает проблем, в данном случае блок не требует специального ухода и прост в использовании.

Гигиенический показатель подразумевает обеспечение здоровых условий пользования и эксплуатации блока. Во многом при эксплуатации оконной конструкции её надежность в гигиеническом смысле обеспечивается изначально правильным монтажом. При правильном монтаже пользование электрохромным блоком безопасно во всех участках помещения.

Таким образом, вышеперечисленные качества стекла свидетельствуют об актуальности моделирования оконного блока на основе электрохромного стекла. Необходимо заботиться об окружающей Вас обстановке, о комфортном микроклимате и визуальном оформлении пространства, так как данные параметры влияют на самочувствие, настроение и физическое здоровье человека. Следовательно, электрохромное стекло, оформленное в деревянную раму, является оптимальным решением для применения его в загородных домах с целью эффективного отдыха.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каранова В.В., Сикорская М.Н. «Зеленое» строительство. // Вестник магистратуры. - 2017. - №9. - С. 15-20.
2. Макарян И. А., Ефимов О. Н., Гусев А. Л. на мировом рынке интеллектуальных электрохромных устройств // альтернативная энергетика и экология. - 2014. - №3. - С. 81-93.
3. Чеснокова Л. В. Уют как феномен частного пространства // Гуманитарные исследования. - 2021. - №4. - С. 52-57.
4. Храмов В.П., Чугунов Е. А. Материалы для производства и обработки стекла и стеклоизделий. - Москва: Высшая школа, 1987. - 205 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩЕГОСЯ БЕТОНА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Корнаушенко Кристина Андреевна, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail:kris-gard@mail.ru

Научный руководитель – Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail:novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной работе рассмотрена актуальность инновационного исследования по разработке самовосстанавливающегося бетона специального назначения. Описывается проблема, решением которой является биобетон с добавлением бактерии. Рассмотрена технология производства самовосстанавливающегося бето-

на. Биобетон сравнивается с аналогами в карте технического уровня. Приводится основная информация по рискам инновационного исследования.

Ключевые слова: самовосстанавливающийся бетон, биобетон, бактерия *Bacillus Cohnii*, строительный материал, исследование.

Бетон, как строительный материал, существует около 6000 лет. Несмотря на то, что этот материал востребован, минусы в процессе эксплуатации все же есть. В бетонных конструкциях образуются трещины, для ремонта которых требуются затраты.

Разработка технологии производства бетона специального назначения в качестве необходимого строительного материала на основе добавления микроорганизмов в условиях Алтайского края представляется актуальной задачей.

Целью исследования является увеличение сроков службы строений посредством разработки технико-технологического решения создания самовосстанавливающегося бетона.

Гипотеза инновационного исследования: создание бетона с добавлением бактерий, восстанавливающего свои свойства и первоначальный вид, будет способствовать уменьшению разрушений строений и зданий, а также снижению затрат на ремонтные работы в сфере строительства.

Мировой объем производства бетона составляет около 8 млрд. м³ в год. Постоянно растет потребность в увеличении срока эксплуатационной пригодности сооружений, из чего следует необходимость развивать это направление. В этой связи значимой задачей строительной сферы является разработка ресурсосберегающих технологий, которые предусматривают производство бетонов с высоким сроком эксплуатационной пригодности [1].

Получение высококачественных бетонов связано с изменением и оптимизацией их состава, модификацией структуры различными добавками.

Появление трещин в бетонных конструкциях и разрушение зданий вследствие этого неизбежно. Производная жизнедеятельности некоторых микроорганизмов в виде карбоната кальция может служить новым подходом к решению данной проблемы.

Самовосстановление бетона достигается путем введения в его состав бактерий *Bacillus Cohnii*, что повысит срок эксплуатации зданий и сооружений, а также прочность и морозостойкость. Бактерии *Bacillus Cohnii* выращиваются в лабораторных условиях, используя агаровую подложку и питательную среду для выживания в условиях пор цементного камня и выделения нужного химического «ремонтного» состава.

Процесс самовосстановления бетона протекает следующим образом: в появившуюся трещину попадает вода. При контакте с водой споры бактерий активируются и начинают питаться лактатом кальция, который использован в качестве питательной среды. В результате расходуется кислород, а растворимый лактат кальция преобразуется в нерастворимый известняк, который заполняет трещины. Процесс подобен зарастанию костей в человеческом организме [2].

При потреблении кислорода в процессе жизнедеятельности бактерии увеличивается долговечность железобетонных конструкции вследствие того, что кислород является одним из элементов коррозии стали.

Споры бактерий и лактат кальция добавляются в готовый состав бетона в виде отдельных капсул размером 2-4 мм. Данный способ позволит бактерии находиться в «спячке» до появления трещины и попадания в нее воды.

В качестве оптимального решения устранения всех возможных проблем, возникающих в процессе жизнедеятельности бактерии, принято решение использовать бактерии анаэробного типа: сначала прорастают споры, а уже на твердой среде происходит рост бактерий. Метаболизм бактерий является основным этапом самовосстановления бетона: образуется клей леваны, формируются нитчатые клетки и осаждаются карбонат кальция.

Самовосстанавливающийся бетон имеет перспективы применения для строительства в сейсмически опасных районах и на территориях с повышенной влажностью.

Основные показатели из карты технического уровня биобетона представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Карта технического уровня самовосстанавливающегося бетона

Наименование показателя качества	Бетон марки М400	Бетон с <i>Bacillus Cohnii</i>
Срок службы без повреждений	60 лет	300 лет
Устойчивость к внешним воздействиям	Появление трещин, попадание влаги, разрушение	Способен восстанавливать все повреждения
Необходимость ремонтных работ	Высокая	Низкая
Себестоимость бетона за м ³ , рублей	3300	3800
Затраты на введение бактерии, рублей	-	500

Отличительными признаками технологии производства самовосстанавливающегося бетона от бетона марки М400 являются:

1. Срок эксплуатационной пригодности здания или сооружения из биобетона выше бетонных конструкций в 5 раз.
2. Себестоимость биобетона выше себестоимости бетона, но это объясняется затратами на введение бактерии и поддержание ее жизнедеятельности.
3. Отсутствие затрат на восстановление, любая трещина «зарастает» до момента невозможности ремонта повреждений.

Существует ряд рисков, которые изменяются под влиянием внешних причин. Их невозможно предугадать и такими являются научно-технические риски, основанные на анализе результатов фундаментальных исследований, которые составляют начальную стадию новшества, а также риски на фазе роста ЖЦ, связанного с выходом на рынок нового товара в качестве самовосстанавливающегося бетона и постоянно меняющейся экономической обстановки [3].

Таким образом, при выполнении инновационного исследования выявлена проблема разрушения зданий и строений вследствие появления трещин в бетоне и затраты на их восстановление. Предложенным решением проблемы является разработка технологии производства самовосстанавливающегося бетона специального назначения, требующая инновационных исследований в условиях процесса НИД «от идеи до потребителя».

Основным результатом исследования является повышение качества жизни людей, их психологического и физического здоровья, повышение уровня строительства в условиях Алтайского края.

В ходе исследования рассчитана себестоимость за м³ – 3800 рублей и выяснено, что срок службы зданий и сооружений из самовосстанавливающегося бетона в пять раз превышает срок службы обычных железобетонных конструкций, а именно равен 300 лет.

Инновационное исследование по разработке самовосстанавливающегося бетона связано с большими перспективами развития из-за качества нового товара, но также возможны риски, требующие дальнейших исследований в данной области.

Технология производства строительного материала специального назначения в виде самовосстанавливающегося бетона с добавлением бактерии *Bacillus Cohnii* позволяет увеличить срок эксплуатационной пригодности зданий и сооружений, прочность, морозостойкость, а также уменьшить затраты на ремонтные работы повреждений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технология бетона: Учеб. пособие для технол. спец. строит. вузов. 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1987. – 415 с.: ил.
2. Ерофеев В.Т., Аль Дулайми Салман Давуд Салман, Смирнов В.Ф. Бактерии для получения самовосстанавливающихся бетонов // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №4, <https://t-s.today/PDF/07SATS418.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/07SATS418
3. Новоселов С.В. Практикум по дисциплине «Теоретическая инноватика» для студентов направления «Инноватика»: учебное пособие. Изд-во АлтГТУ, 2020. 239 с.

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ФИЛЬТРА ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ ПЛАСТИКОВЫХ ТРОТУАРОВ

Корчагин Данил Павлович, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail: korchagin91@yandex.ru

Научный руководитель – Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail: novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрена актуальность разработки технологии монтажа и эксплуатации фильтра дренажной системы пластиковых тротуаров. Рассмотрен термин «микрочастица», способы попадания микрочастицы в организм человека и окружающую среду и его влияние на живые организмы. Описана последовательность и условия проведения монтажных работ водоподготовительной установки на основе обратного осмоса в дренажные системы пластиковых тротуаров.

Ключевые слова: водоподготовительная установка, фильтр обратного осмоса, дренажная система, микрочастица, пластиковые тротуары.

Статистические данные показывают, что загрязнение воды является одной из основных проблем окружающей среды. Согласно отчету Всемирной организации здравоохранения, более 2,2 миллиарда человек в мире не имеют доступа к безопасной питьевой воде. При этом загрязнение воды ведет к серьезным заболеваниям, таким как диарея, холера и другие инфекции [1].

Фильтры обратного осмоса позволяют эффективно очищать воду от различных примесей, таких как соли, минералы, органические и неорганические соединения, микробы и другие загрязнения, что позволяет получать качественную питьевую воду из низкокачественных и загрязненных источников [2].

Применение фильтров обратного осмоса в дренажных системах пластиковых тротуаров позволяет не только получать качественную воду, но и предотвращать загрязнение окружающей среды. Благодаря очистке дренажной воды от различных загрязнений, которые могут содержаться в пластиковых тротуарах, такие как микрочастицы, можно предотвратить их попадание в природные водоемы, что способствует сохранению экологической равновесия.

Впервые термин «микрочастица» был введен в научный оборот только в 2004 году морским биологом Ричардом Томпсоном [2].

Микрочастицы – частицы, содержащие твердые полимеры с возможными добавками, причем размеры более одного процента таких частиц (по массе) должны находиться в пределах от одного нанометра до пяти миллиметров. Длина волокон составляет от трех нанометров до 15 миллиметров при отношении длины к диаметру более трех [2].

В системе дорожных покрытий с добавлением полимерных гранул микрочастица попадает промышленным способом [3]. Первичный микрочастица возникает при износе автомобильных шин и состава дорожного покрытия. Две трети частиц микрочастицы смывается с дорог в дренажные системы и попадает в обще-канализационную систему.

Актуальность применения водоподготовительной установки в дренажной системе пластиковых тротуаров заключается в том, что они могут решить ряд проблем, связанных с забиванием дренажных канав. При интенсивном дожде или снегопаде большое количество воды может накапливаться на поверхности тротуаров и образовываться лужи. Водоподготовительные установки помогают решить эту проблему, фильтруя и очищая воду, которая затем удаляется из канав, обеспечивая эффективный дренаж поверхности.

Применение водоподготовительной установки в дренажной системе пластиковых тротуаров также может повысить долговечность покрытия. Когда дренажные канавы забиваются грязью и мусором, вода может накапливаться на поверхности тротуаров и проникать в покрытие, что может приводить к его разрушению. Водоподготовительные установки помога-

ют предотвратить этот процесс, фильтруя воду и предотвращая ее проникновение в тротуары.

Фильтры обратного осмоса являются высокоэффективным методом очистки воды от микропластика и других загрязнений. Они работают на принципе механической фильтрации, которая позволяет удалять до 99% всех загрязнений [4], в том числе и микропластик, размер которых составляет от 0,1 до 5 микрон [3]. Применение фильтров обратного осмоса в дренажных системах пластиковых тротуаров позволит удерживать микропластик и другие загрязнения, которые могут попадать в дренажные системы и дальше в живые организмы.

Основной путь попадания пластика в организм человека лежит через питание. Потребление бутилированной воды, Применение чайных пакетиков или пластиковых упаковок для хранения являются непосредственными путеводителями данного вещества в наше тело.

Пластики инертны и деградируют медленно, легко подвергаются измельчению и их плотность ниже плотности воды, что влечет за собой активное распространения [3]. Опасность микропластиков связана и с содержащимися в них различными токсичными наполнителями, которые могут составлять до четырех процентов массовой доли [2].

Еженедельно с едой, водой и воздухом человек потребляет около 5 миллиграммов пластика. В худшем случае, в год в организме человека может накопиться до 250 грамм полимерных отходов – по массе соизмеримо с восьмью полулитровых пластиковых бутылок. Ученые предполагают, что потребление микроволокон и фракций пластика может привести к желудочно-кишечным расстройствам, к дисфункции печени, к воспалительным процессам тканей, эндокринным расстройствам [3].

Монтаж фильтра обратного осмоса в дренажные системы пластиковых тротуаров представляет собой процесс установки и подключения устройства, предназначенного для очистки воды от примесей, в систему сброса сточных вод. Порядок выполнения работ по монтажу фильтра обратного осмоса следующий:

- Необходимо определить место установки фильтра и произвести земляные работы, чтобы обеспечить доступ к системе дренажа.

- Применение специальных крепежных элементов и фитингов для установки фильтра обратного осмоса на трубопровод дренажной системы.

- Установка фильтра обратного осмоса на участке трубопровода с определенным уровнем давления и проточной способностью, чтобы обеспечить эффективное функционирование устройства.

- Подключение фильтра обратного осмоса к электрической сети для обеспечения питания встроенного насоса и других электронных компонентов.

- Установка кранов и вентилях для регулировки потока воды и обеспечения безопасности и надежности работы системы [5].

- Правильное подключение и настройка системы фильтрации обратного осмоса для оптимальной очистки воды от различных типов примесей.

- Регулярное техническое обслуживание и замена элементов фильтра для поддержания эффективности работы системы на высоком уровне.

Соблюдение порядка выполнения этапов монтажа и подключения, система может обеспечить высокое качество очистки воды и улучшить экологическую ситуацию в окружающей среде.

Монтаж и эксплуатация фильтров обратного осмоса в дренажных системах пластиковых тротуаров требует выполнения ряда условий для обеспечения их эффективной и надежной работы.

Первым условием является правильный выбор фильтра обратного осмоса, учитывая характеристики воды, которая будет проходить через систему, такие как уровень жесткости, минерализации и содержание примесей [5].

Вторым условием является преждевременная очистка от всех видов загрязнений и примесей дренажной системы пластиковых тротуаров перед монтажом водоподготовитель-

ной установки, что позволит обеспечить оптимальное функционирование фильтра и предотвратить его засорение.

Третье условие заключается в учете геометрических параметров дренажной системы, такие как диаметр, дли трубопровода и расположение санитарных узлов и точек подключения. Оптимальное расположение фильтра обратного осмоса обеспечит максимальную эффективность очистки воды.

Четвертым условием является проведение регулярных дезинфекций и промывки фильтра обратного осмоса для предотвращения размножения бактерий и грибков. Рекомендуется проводить процедуры с определенной периодичностью, в зависимости от интенсивности применения системы.

Важным условием эксплуатации фильтра обратного осмоса является регулярная замена элементов фильтрации, таких как мембраны, картриджи и другие фильтры, согласно рекомендациям производителя. Это позволит сохранить высокое качество очистки воды и продлить срок службы фильтра.

Эффективность фильтров обратного осмоса в дренажных системах пластиковых тротуаров может зависеть от нескольких факторов, таких как конструкция дренажной системы, наличие других загрязнений в воде и так далее. Для достижения максимальной эффективности, необходимо проводить регулярную проверку и обслуживание фильтров [5].

Таким образом, применение водоподготовительной установки на основе обратного осмоса в дренажных системах пластиковых тротуаров является важным аспектом для обеспечения эффективного дренажа поверхности и повышения долговечности покрытия. Водоподготовительные установки могут помочь решить проблему забивания дренажных канав и предотвратить проникновение воды в покрытие, что может увеличить его срок службы. Остаточным явлением очистки дренажей от эксплуатационных отходов пластиковых тротуаров заключается в важном шаге решения проблемы микропластика и улучшении качества жизни людей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ФАО. 2018. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2018–Достижение целей устойчивого развития. Рим. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0IGO.

2. Нехин М. Ю. Микропластики: новая глобальная угроза? Журнал «Лаборатория и производство». Учредители: ООО «ЛабПро-Медиа». ISSN: 2619-

3. Кимстач Т.Б., Тихомиров С.В. Проблема идентификации микропластика методами молекулярной спектроскопии. Журнал «Пластические массы». Учредители – Издательский дом «Пластмассы». ISSN: 0554-290

4. Христофорова М.И., Яковлева О.В. Современные тенденции использования различных фильтрующих материалов в водоподготовке // Научные технологии в приборостроении и развитии инновационной деятельности в вузе: материалы Всероссийской научно - технической конференции, 24 - 26 ноября 2015 г. Т. 2. - Калуга: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. - С. 83 - 87.

5. Фомин В.Ф. Опреснительный модуль обратного осмоса (варианты): патент – Москва 2010, – 26 с.

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦВЕТОМУЗЫКАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ АУДИОВИЗУАЛЬНОЙ ПАРТИТУРЫ

Маненкова Арина Андреевна, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail:2001_arina@mail.ru

Научный руководитель – Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail:novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Раскрытие сущности светомузыки, история становления, возможности применение в практических условиях. Основной фокус сделан на исследовании световой адаптации глаз зрителей и артистов, а также воспитании моральных и нравственных качеств специалиста через художественные спектакли. В статье представлены результаты исследований, показывающих положительное влияние светомузыки на психологическое состояние человека, такое как уменьшение тревожности, повышение настроения, улучшение концентрации внимания и творческих способностей.

Ключевые слова: светомузыка, партитура, синтез, воспитание, морально-нравственные качества, восприятие.

Концертная деятельность включает планирование и организацию публичных выступлений различных художественных коллективов и исполнителей разных жанров (вокальных, инструментальных, хореографических, речевых и оригинальных). Концерты имеют высокую культурно-досуговую ценность и способствуют культурному развитию и социализации личности, позволяя достигать основных целей, а именно обогащение нравственными аспектами через общение со зрителями.

Исследования направлены на создание системы управления для автоматизированной цветомузыкальной установки, которая объединяет звук, свет и цвет. Система управления позволяет синтезировать световое и музыкальное сопровождение произведений и имеет множество преимуществ.

Проблема влияния искусства на специалиста не заставляет переосмыслить отношение к нему. Специалисты, работающие в этой области, должны обладать различными физическими качествами, такими как обоняние, осязание, слух и зрение, чтобы создавать ощущения, отображающие свойства предметов и явлений.

Важный фактор в формировании творческого коллектива с высокой моральной составляющей - влияние внешних факторов. Квалифицированным специалистам достойны дисциплинированность, стрессоустойчивость, решительность и знания.

Художественные образы оказывают многостороннее влияние на мозг человека: оно способствует эмоциональному развитию, улучшает когнитивные функции. Татьяна Владимировна Черниговская выделяет несколько путей, по которым искусство воздействует на мозг.

Один из главных способов - это активация эмоционального центра мозга. Когда мы рассматриваем картины, слушаем музыку или смотрим театральное представление, человек вовлекается в процесс эмоционального восприятия. Данная деятельность способствует выделению гормонов радости и удовольствия - серотонина, допамина и эндорфинов. В результате человек становится более уравновешенным и чувствует удовлетворение [1].

Другой путь, по которому искусство влияет на мозг, - это стимуляция памяти и внимания. Например, человек смотрит на картину, происходит не только восприятие ее в целом, но и обращение внимания на детали, происходит тренировка способности к зрительному восприятию и вниманию. Человек слушает музыку, уши получают множество звуковых волн, которые обрабатываются мозгом, начинается различие звуков и развитие музыкального восприятия.

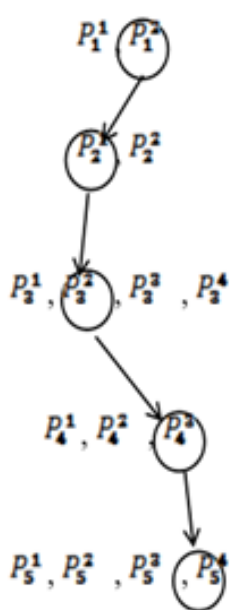
Творческая деятельность способно объединять людей и создавать сообщества, основанные на общих интересах и ценностях. Оно может помочь людям находить своих единомышленников и укреплять отношения с другими людьми. Концерты, выставки, театральные

спектакли и другие события, связанные с искусством, могут стать местом встреч и обмена идеями, способствуя развитию культурного и интеллектуального уровня людей.

Таким образом, искусство оказывает положительное влияние на мозг человека, способствуя развитию эмоциональности, внимания и когнитивных функций. Важно уделить время на искусство и не ограничивать себя в возможностях для восприятия его разнообразных форм.

Патентный поиск позволил проверить уникальность изобретения, определить область его применения и наличие аналогов, а также выяснить текущее состояние исследований в этой области. В результате патентного поиска подобрана статья Хрущевой Т. С. Светомузыка как многофакторное средство воспитания: сущность, история вопроса, пространство применения и для сравнения взят прототип «Способ создания цветомузыки и устройство его осуществления», А63J17/00 – устройства для воспроизведения цветовой музыки, авторами и владельцами патента являются Сапожникова К. В., Тайманов Р. Е. [3].

Во время изучения темы светового отображения музыки выбран метод морфологического ящика. Метод морфологического ящика целесообразно применять при решении задач общего плана проектирования новых технических объектов и систем, поиске компоновочных решений и др. Методом морфологического анализа происходит выбор параметров по теме системы управления автоматизированной цветомузыкальной установки на основе аудиовизуальной партитуры:



1. Количество цветов, которое выдает АЦМУ: 3 цвета, 7 цветов.

2. Управление АЦМУ: автоматизированное, механическое.

3. Носитель базы данных: оптические, онлайн-хранилище, полупроводниковые, магнитные.

4. Временной интервал между воспроизведением музыки и светового оформления: рассинхронизация, десинхронизация, синхронизация.

5. Соотношение параметров: громкость + музыкальный тон, частота + музыкальный тон, длина волны + музыкальный тон, синтез громкости, частоты, длины волны, музыкального тона + цветового тона

Рисунок 1 - Метод морфологического анализа по теме разработки базы данных для автоматической

На основе метода морфологического ящика можно сделать анализ выбранного решения [P12; P21; P32 ; P43;P54].

P12- выбор сделан в пользу 7 цветов, для умеренной цветовой адаптации глаз человека, благодаря плавному переходу цветов, а также играют большую роль соответствующие эмоции для каждого цвета

P21- именно за счет автоматизированного управления АЦМУ ИПр обладает новизной

P34- скачивать БД потребители будут с официального сайта, которая хранится в облачном хранилище, т.к. облачные хранилища позволяют держать большое количество файлов в удалённом хранилище данных. Они избавляют от необходимости носить с собой флешку, экономят место на жестком диске, удобны для обмена файлами.

P43- музыкальные звуки в настоящее время определяются как смесь гармонических механических колебаний, которые имеют отношение частот, являющееся целым числом, и

вызывают у человека приятные ощущения, связанные с соответствием определенным биоритмам. Негармоничные колебания близких частот вызывают неприятные ощущения диссонанса, а звуковые колебания со сплошными спектрами частот воспринимаются как шум. Именно поэтому обязано присутствовать синхронное воспроизведение музыки и цвета.

P54- именно синтез громкости, частоты, длины волны и музыкального тона и выдает нам правильное цветовое решение.

Производится разработка более сложной системы и поиск алгоритмов более достоверного «перевода эмоциональной информации», что позволило бы автоматически сопровождать музыку последовательностью цветов, вызывающих такие же эмоции, что и музыка.

Автоматизированная цветомузыкальная установка мгновенно распознает и не только систематизирует частоты, а как минимальное условие мелодии, музыкальные темы, запоминает их, следит за логикой развития, определяет и оценивает форму произведения. На данный момент этим занимается человек. Анализ происходит не мгновенно и включает персональный эмоциональный опыт, что делает оценку субъективной.

Цветомузыкальная установка с автоматической программой для «чтения» музыки имеет специальный разъем для внешнего носителя музыки. Благодаря базе данных и знаниям специалистов-психологов о воздействии цвета на психоэмоциональное состояние человека, программа подбирает соответствие частот и громкости звуков с тонами и оттенками цветов. Точно и однозначно не могут быть определены эмоциональные оценки не только для параметров музыкального произведения, но и для цветов. В дополнение, есть соответствие между цветом и тональностью музыки.

Цвет представляет собой способность глаза реагировать на различные длины волн света, и передавать эти данные в мозг, где происходит обработка информации, отвечающая за влияние на эмоциональное и психическое состояние человека.

Таким образом, главной задачей основных элементов системы управления цветомузыки является развитие художественности, эстетической основы, через цветомузыку должно пройти выражение чувств, эмоций и переживаний человека. Общество лишь тогда способно ставить и решать масштабные национальные задачи, когда у него есть духовное единство народа и объединяющие нас моральные ценности. Морально - нравственное развитие подрастающего поколения было всегда одной из актуальных задач воспитания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Черниговская Т.В. Лекция «Как искусство влияет на мозг», 2017 г.
2. Новоселов С.В. Теоретическая инноватика: научно-инновационная деятельность и управление инновациями: учеб. пособие / С.В. Новоселов, Л.А. Маюрникова. – СПб.: ГИОРД, 2017.
3. Пат. 2259858 Российская Федерация МПК А63J 17/00. Способ цветового сопровождения звука и устройство для его осуществления [Текст] / Сапожникова К.В., Тайманов Р.Е.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество «Инновационный центр ВНИИМ-Ижорские заводы». - № 20031364338/12; заявл. 04.12.03; опубл. 10.09.05, Бюл. № 25.
4. Хрущева Т.С. Светомузыка как многофакторное средство воспитания: сущность, история вопроса, пространство применения/ Т.С. Хрущева; Вестник МГУКИ. - 2016.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ СПЕЦОДЕЖДЫ В ВИДЕ ЗАЩИТНОЙ КУРТКИ НА ОСНОВЕ ПОЛИАМИДНОГО ВОЛОКНА

Мышкин Вячеслав Витальевич, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail:slava10.myshkin@mail.ru

Научный руководитель – Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail:novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Исследованы свойства термостойких полиамидных волокон (СВМ, Армос). Рассмотрена актуальность разработки и производства спецодежды в виде защитной куртки на основе полиамидных волокон с добавлением композитов. Установлено, что полиамидные волокна применяются в качестве армирующего наполнителя для создания термостойких изделий на рабочие температуры до 500 °С. Термостойкие органоволокниты перспективны для разработки средств индивидуальной защиты в отрасли металлургии с целью обеспечения безопасности специалистов.

Ключевые слова: полиамидное волокно, композиционные материалы, термостойкие полимеры, металлургия, спецодежда.

По данным Росстата на 2021 год, из числа предприятий по всей России, а именно 154 тысячи предприятий, примерно десять тысяч предприятий зафиксировали случаи нарушения техники безопасности, что является причиной возникновения производственного травматизма. Численность пострадавших с утратой трудоспособности на один рабочий день и более, составила 22810 человек, среди которых 15100 это мужчины. На мероприятия по охране труда государством за 2021 год израсходовано 20476 рублей в расчете на одного специалиста, включая приобретение спецодежды и других средств индивидуальной защиты.

Принцип действия средств индивидуальной защиты это - физическое предотвращение или уменьшение воздействия вредных и опасных производственных факторов на здоровье специалиста.

Концептуальный образ желаемого новшества это - легкий, прочный, удобный элемент гардероба, масса которого не превышает 5 кг.

Полиамидное волокно - это синтетическое волокно, получаемое методом формования из расплавов или растворов полиамидов. Среди полиамидных волокон выделяют группы: алифатические, алициклические, ароматические. Молекула ароматического полиамида представляет длинную цепочку, в которой более 50% амидных связей образованы двумя ароматическими кольцами одновременно. Амидные связи имеют большую энергию диссоциации, ароматические кольца обеспечивают термостабильность молекулы [1].

Прочность на разрыв превышает значения стали, достигая до 600 кгс/мм².

Термическая стойкость допускает разрушение структуры вещества при температурах от 500 оС.

Применение композиционных материалов в сочетании с полиамидным волокном в отрасли металлургии обеспечивает прочность и термостойкость изделия.

Полимерное волокно отечественного производства марки СВМ и марки Армос разработано в НПО «Химволокно» (Россия), выпускается в промышленном масштабе с конца 1970-х годов.

Волокно Армос обладает следующими техническими характеристиками:

Линейная плотность 29,4-1000 текс.

Плотность 1420-1450 кг/м³.

Прочность 4,5-5,2 ГПа.

Удлинение при разрыве 2,5-3,5%.

Модуль упругости 145-160 ГПа.

Композит – это материал, изготовленный из двух или более компонентов с различными физическими и/или химическими свойствами. Композиты состоят из полимерной или ме-

таллической матрицы и наполнителя, представленного волокнистыми соединениями или мелкодисперсным порошкообразным составом.

Термопласты – это полимерные материалы, обратимо переходящие из твердого состояния в эластичное состояние при нагревании.

Реактопласты – это пластмассы, переработка которых в изделие сопровождается необратимой химической реакцией.

Адгезия – это свойство материала взаимодействовать с поверхностью другого твердого или жидкого тела на межмолекулярном уровне.

Применение полиамидных волокон СВМ-Армос эффективно в сочетании с термостойкими термопластами. Применение полиамидных волокон целесообразно в композитных материалах благодаря адгезии к следующим реактопластам: эпоксидным, фенольным, ацетатным, полиуретановым. Таким образом, достигается монолитность композитов, повышаются прочностные характеристики изделия на растяжение, сжатие, изгиб и сдвиг [2].

Объектом исследования в работе являются полиамидные волокна. Испытания модельных образцов полимерных композиционных материалов проводятся методом термомеханического и термогравиметрического анализа на дорогостоящем оборудовании.

В результате проведенного анализа выявляются характеристики волокна марки СВМ-Армос, в качестве армирующего наполнителя с эпоксидным связующим.

Задача инновационного проекта – разработка спецодежды в виде защитной куртки на основе полиамидного волокна СВМ-Армос с добавлением композитов, с целью обеспечения безопасности специалистов отрасли металлургии, а также предупреждения случаев производственного травматизма.

Разработка спецодежды обеспечивается методиками когнитивного моделирования, представленными в виде метода морфологического ящика. Декомпозиция разрабатываемого новшества осуществляется в виде таблицы, с учетом параметров и свойств, с возможностью выбора лучших вариантов.

Таблица 1 – Метод морфологического ящика для защитной куртки

Характеристика	Варианты	Обозначение вариантов
Выбор используемого сырья	Органоволокниты	P11
	Углепластик	P12
	Металлические полимеры	P13
Вид выбранного сырья	Ароматические полиамиды	P21
	Алифатические полиамиды	P22
	Алициклические полиамиды	P23
Отрасль применения	Космическая отрасль	P31
	Металлургия	P32
	Строительная отрасль	P33
Приоритетное свойство изделия	Влагостойкость	P41
	Термостойкость	P42
	Защита от радиации	P43

Выбор одного варианта по каждому пункту следующий:

Выбор используемого сырья: органоволокниты (органические волокна) - показатель прочности 4,5-5,2 ГПа, показатель термостойкости до 500 °С.

Вид выбранного сырья: ароматические полиамиды - прочность на разрыв 2500 МН/м², адгезивные свойства в качестве армирующего наполнителя, термостабильная молекула амидных связей требует большой энергии для диссоциации [3].

Отрасль применения: металлургия - спецодежда в виде защитной куртки на основе полиамидных волокон для специалистов отрасли металлургии, обеспечение защиты от капель расплавленного металла и воздействия высоких температур.

Приоритетное свойство изделия: термостойкость - способность не тлеть, не гореть и не плавиться при рабочем диапазоне температур от 250 °С до 500 °С.

Итоговое принятое решение на основе выбора лучших вариантов: P11,P21,P32,P42.

Программный продукт «Project Expert» применялся для разработки модели плана производства трехслойной защитной куртки на основе полиамидных волокон.

Реализация инновационного проекта по разработке и производству трехслойной защитной куртки на основе полиамидных волокон с добавлением композитов потребует 2218000 рублей. Финансирование запланировано при содействии государственной программы «Старт».

Модель плана производства указывает на возможность малого инновационного предприятия к созданию 8400 единиц продукции в год.

Окупаемость затрат составляет 57 месяцев, индекс прибыльности составляет 1,10, что означает отношение отдачи капитала к размеру вложенного капитала.

Таким образом, разработка спецодежды на основе полиамидных волокон является актуальной задачей для практической реализации инновационного проекта в граничных условиях Алтайского края с перспективой развития производства по всей России. Актуальность разработки средств индивидуальной защиты на основе полиамидных волокон обеспечивается методиками когнитивного моделирования и применением знаний, полученных в ходе прикладных и фундаментальных исследований в сфере композиционных материалов на основе органоволокнитов с армирующим наполнителем в виде полиамидов и связующим в виде эпоксидной смолы. Разработка спецодежды в виде защитной куртки обусловлена выбором средства индивидуальной защиты, обеспечивающего покрытие максимальной площади открытых участков тела человека, от 50 до 80 процентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кочуров Д.В. Высокопрочные полимерные композиционные материалы // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 5.
2. Конструкционные материалы: Справочник / Арзамасов Б.Н., Брострем В.А., Буше Н.А. и др. Под общ. редакцией Б.Н. Арзамасова – М.: Машиностроение, 1990. –684 с.
3. Перепелкин К.Е. Химические волокна: развитие производства, методы получения, свойства, перспективы. СПб.: СПГУТД, 2008. 352 с.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ТОЧНОГО ВЫСЕВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫСЕВАЮЩЕГО МОДУЛЯ

Новокрещенов Даниил Антонович, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail:Novokreshenov.da@icloud.com

Научный руководитель – Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail:novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Обоснование актуальности применения технологии точного высева, возможности применения в практических условиях. Основными отличительными качествами являются: повышение качества выращиваемой зерновой культуры, а также снижение издержек производства. Представлено обоснование разработки технологии точного высева с применением высокоточного пневматического высевающего модуля в граничных условиях Алтайского края.

Ключевые слова: точный высев, зерновая культура, повышение качества зерновых культур, снижение издержек.

Развитие сельского хозяйства в граничных условиях Алтайского края обосновывает актуальность проведения инновационного исследования с целью разработки и практической реализации технологии точного высева. Главное преимущество разрабатываемой технологии заключается в повышении уровня качества выращиваемых зерновых культур.

Сельскохозяйственная продукция является одной из основных составляющих жизнедеятельности человека, так как указанная продукция – пищевая. Проблема снижения качества зерновых культур, выращиваемых в Алтайском крае, остается актуальной.

Необходимо указать тот факт, что процесс посева начал осуществляться еще в 9000 веке до н. э. и с течением времени изменялся, и развивался сначала по пути развертывания количества элементов, участвующих в процессе, а после по пути свертывания.

Основным занятием населения в 16–17 веках, являлось земледелие с трехпольной системой. В южных районах страны сохранялась переложная система. Набор пахотных орудий являлся довольно разнообразным: плуг, рало, но основным орудием оставалась соха с железным наконечником, которая совершенствовалась с течением времени [1].

Известно, что существуют различные технологии в один-два прохода, с использованием различного оборудования, такие как strip-till, no-till и другие. Наиболее популярной и простой технологией является технология посева в два прохода [4].

Новые технологии, рост издержек на производство урожая сельхозкультур и возможности современного производства приводят к появлению новых сельхозмашин. Сеялки точного высева, впервые появившиеся почти шестьдесят лет назад, стали одной из таких технических новаций [3].

Применение технологии точного высева обеспечивает точную дозировку высеваемых семян, что в свою очередь влечет за собой равномерный всход, и равномерное развитие высеваемой культуры. Пневматические высевающие устройства покрывают практически все случаи применения в современном сельском хозяйстве. Точное дозирование осуществляется с помощью высевающего вала.

Внесение на небольшом расстоянии от поверхности почвы при помощи шлангов и отбойных щитков позволяет получить равномерную укладку семян. Управление осуществляется через индивидуально подобранный управляющий модуль.

Посевной материал попадает при помощи высевающего вала с электроприводом из бункера в воздушный канал. На данном этапе посевной материал под воздействием воздушного потока по пластиковым шлангам переносится к отбойным щиткам, которые равномерно распределяют его на участке почвы.

Особенности: применение нового технологического подхода путём использования высокоточного пневматического высевающего модуля, например, APV PS 300, который благодаря точному компьютерному дозированию, обеспечивает заданную норму посевного материала.

Поэтому применение пневматического модуля является наиболее экономичным решением, при решении задачи поиска оптимального соотношения количества операций и качеством их выполнения. В то же время, данный модуль применим для использования практически на любом почвообрабатывающем оборудовании и практически для любых почвенно-климатических условий.

Степень уникальности изобретения определяется патентным поиском, в ходе которого выявлено, что указанная технология не имеет аналогов, наиболее близкой по качественным характеристикам является: «Устройство для посева зерновых культур за один проход агрегата по необработанному полю». Авторами которого являются: Каримов Михаил Владимирович, Квиткин Дмитрий Валерьевич, Квиткин Александр Дмитриевич, Котенко Евгений Иванович, Небавский Валерий Андреевич, Согрин Петр Сергеевич. Номер патента - № RU2483518C1, опубликован - 2013.06.10. В ходе сбора и анализа информации по теме технологий посева зерновых культур составлена карта технического уровня технологии точного высева [2].

Таблица 1 – Карта технического уровня технологии точного посева

Показатели технологии	Точный посев	Посев в два прохода
1. Количество проходов	Один	Два
2. Место происхождения технологии	Россия	Россия
3. Места применения технологии	Во всех п-к условиях	В п-к условиях с повышенной влажностью
4. Необходимое количество лошадиных сил и тракторов	1 трактор 80	2 трактора Суммарно 160
5. Стоимость прицепного оборудования	700000 – 1000000 рублей	1400000 – 1700000 рублей
6. Квалификация механизатора	Средняя	Низкая
7. Производительность га/ч	60	30
9. Преимущества	Повышение качества культуры, снижение издержек производства	Не требуется специальное оборудование или подготовка механизатора
10. Недостатки	Необходимость в высевающем модуле, а также в высоком качестве семян	Не обеспечивается равномерность всходов, низкий уровень производительности

Ожидаемый социальный эффект: повышение качества выращиваемой зерновой продукции, а также снижение затрат на производство. Другими словами, при практической реализации технологии точного посева достигается более высокое качество выращиваемой зерновой продукции, а, следовательно, и качество продуктов её переработки, а также снижаются издержки производства, что благоприятно сказывается на себестоимости выращиваемой продукции.

Таким образом, основываясь на анализе карты технического уровня технологии точного посева, возможно сделать вывод о том, что предполагаемая технология точного посева обладает следующими отличительными характеристиками: высокое качество выращиваемой продукции, применимость в различных почвенно-климатических зонах и на различном почвообрабатывающем оборудовании и сниженные издержки производства.

Главной задачей описанной технологии точного посева является повышение качества выращиваемых в рамках сельского хозяйства зерновых культур, с целью повышения уровня качества жизни людей, а также достижение экономической эффективности производства, за счет снижения издержек.

В заключении возможно сделать вывод о том, что новая технология точного посева обладает качественными характеристиками с более низкими затратами на процесс посева, в сравнении с другими технологиями, а также разработка такой технологии актуальна в граничных условиях Алтайского края в силу его аграрной специфики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тарасов С.А., Красовских Е.В. Совершенствование способа и технических средств для прямого посева зерновых культур в степных районах Западной Сибири / С.А. Тарасов, Е.В. Красовских // Вестник Алтайского государственного аграрного университета – 2003. - №1. – С. 18-21.

2. Пат. 2483518 Российская федерация, МПК А 01 С 7/20, А 01 В 49/06. Устройство для посева зерновых культур за один проход агрегата по необработанному полю / Каримов М.В., Квиткин Д.В., Квиткин А.Д., Котенко Е.И., Небавский В.А., Согрин П.С.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Первое Производственное Подразделение «ПодшипникМаш» - № 2011139674/13; заявл. 29.09.2011; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 16. – 15 с.

3. Грунин К.Е. Анализ технологий посева зерновых культур / К.Е. Грунин // Вестник НГИЭИ – 2012. - №10. – С. 9-15.

4. Комбинированные почвообрабатывающие агрегаты – назначение, особенности, преимущества [Электронный ресурс] / Игорь Новицкий. Электрон. текстовые дан., - Витебск: [б.и.], 20.07.2017. – Режим доступа: <https://сельхозпортал.рф/articles/kombinirovannye-pochvoobrabatyvayushhie-agregaty/>

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ДОБАВКОЙ ГРИБНОГО ПОРОШКА «ГРИФОЛА КУРЧАВАЯ» ДЛЯ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Плотникова Анна Алексеевна, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail: ann78344@mail.ru; Исаева Надежда Вадимовна, аспирант кафедры «Механика
и инноватика», e-mail: Isaeva_nd_vd@mail.ru

Научный руководитель - Новосёлов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail: novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной работе выявлена проблема нерационального питания населения Алтайского края, для её решения рассмотрены хлебобулочные изделия с добавкой грибного порошка «Грифола курчавая» для лечебно-профилактического питания. Описаны свойства гриба «Грифола курчавая» и его практическое применение. Рассмотрены факторы конкурентоспособности нового функционального продукта.

Ключевые слова: *гриб «Грифола курчавая», хлебобулочные изделия (ХБИ), функциональное питание, лечебно-профилактическое применение, нерациональное питание.*

Одним из самых важных факторов здоровья человека является питание, оно обеспечивает нормальную деятельность организма, регулирует обменные процессы, рост и развитие. Нерациональное питание во всех его проявлениях включает недостаточное питание, недостаток витаминов или минералов, избыточный вес, ожирение [1].

Недостаточное поступление минеральных веществ, и витаминов в организм человека могут стать причиной патологических изменений со стороны нервной, пищеварительной и сердечно-сосудистой систем. Первыми страдают поведенческие функции: снижается память, осложняется способность осмыслить информацию, возникает постоянная вялость и апатия.

Частичным решением проблемы нерационального питания человека являются функциональные продукты лечебно- профилактического назначения. Функциональные продукты – пищевые продукты, имеющие лечебно-профилактические свойства, обогащённые дополнительным ингредиентом. Функциональным продуктом лечебно-профилактического назначения может стать хлеб с добавкой. В жизни человека хлебобулочные изделия имеют важные пищевые и психофизиологические значения, его вкус и запах, приятный внешний вид влияет на подсознание, возбуждает аппетит и активизирует выделение пищеварительных соков, таким образом, благоприятствует хорошему перевариванию пищи и усвоению нужных элементов, как самих хлебобулочных изделий, так и остальных продуктов, употребляемых с ними [2,3].

С целью придания хлебу лечебно-профилактических свойств необходимо применение добавок с богатым составом витаминов, минералов, микро- и макроэлементов, недостаточное количество которых широко распространён и опасен для здоровья; для Алтайского края это витамины С, группы В, минеральные вещества, такие как йод, железо и кальций. Целесообразно будет использовать гриб грифола курчавая, высушенный в порошок.

В грибе грифола курчавая присутствуют витамины, микро- и макроэлементы», поэтому гриб используют для производства биологически активных добавок с противовирусными, иммуномодулирующими, противоопухолевыми свойствами. Грибу приписывают способ-

ность снижать артериальное давление, уровень холестерина и сахара в крови. По некоторым данным, грифола курчавая способствует уменьшению массы тела.

В составе плодовых тел на 100 г. грифолы обнаружен триптофан 0,035 г., изолейцин 0,055 г., изолейцин 0,055 г., метионин 0,015 г., глицин 0,09 г., глутаминовая кислота 0,264 г., аспарагиновая кислота 0,205 г., фенилаланин 0.06 г., валин 0,1 г., стероиды, оказывающие на организм антибактериальные, обеззараживающие, очищающие, обезболивающие, противовоспалительное действия. Вещества оказывают на организм человека иммуномодулирующие, антиоксидантные, противовирусные и бактерицидные действия, поэтому употребление ХБИ с добавкой грибного порошка «Грифола курчавая» поможет предотвратить заболевания, связанные напрямую или косвенно с питанием.

Обогащение продукта ингредиентами в процессе его производства основывается на изменении привычных продуктов. Схема создания функционального продукта ХБИ с добавкой грибного порошка «Грифола курчавая» для лечебно-профилактического применения представлена на рисунке 1.

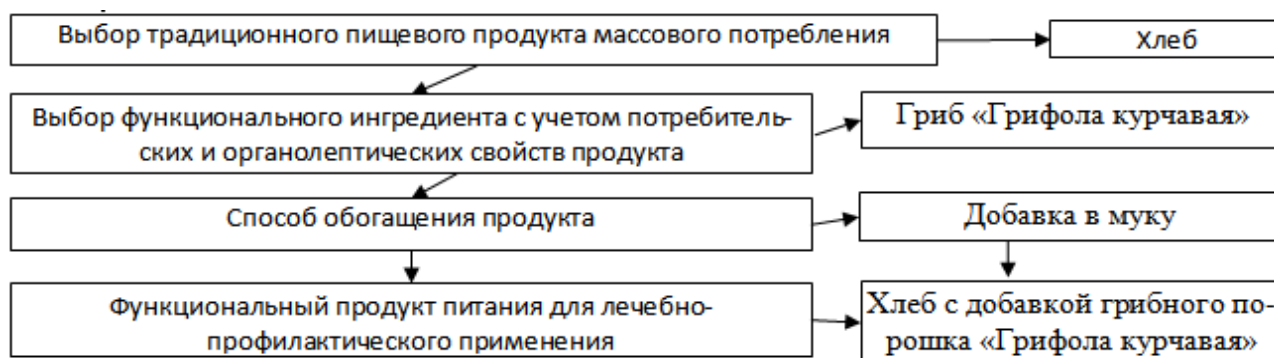


Рисунок 1 - Процесс моделирования ХБИ с добавкой грибного порошка «Грифола курчавая»

На основе процесса моделирования специализированного, функционального пищевого продукта с учетом лечебно-профилактического назначения для применения на рынке сделан анализ выбранного решения (таблица 1).

Таблица 1 – Анализ выбранного решения создания хлебобулочного изделия

№	Варианты	Характеристика
1	1)Хлеб 2) Вода	Хлебобулочные изделия является продуктом массового потребления на ежедневной основе. Добавление грибного порошка в хлеб позволит повысить ценность продукта. Хлебобулочные изделия с добавкой грибного порошка «Грифола курчавая» будет содержать: витамины, микро- макроэлементы, аминокислоты.
2	1)Чага 2)Грифола курчавая 3)Ксилотроф	Выбор гриба происходил исходя из химического состава и органолептических свойств. Грифола курчавая имеет богатый витаминно-минеральный состав, что окажет положительное влияние на организм человека.
3	1)Обогащение воды 2)Обогащение дрожжей 3)Обогащение муки	Способ обогащения муки не требует больших затрат времени и специальной подготовки для добавления грибного порошка. Данный способ является наиболее простым и качественным.

Разработка модели производства ХБИ с добавкой грибного порошка относится к отраслевой сфере питания. Отраслевая сфера питания включает отрасли пищевой промышленности и общественное питание, поэтому на предприятии по производству хлеба должны быть технические возможности для контроля соблюдения параметров технологического процесса, а также качества сырья и готовой продукции, что будет обеспечивать выпуск хлебобулочных изделий с добавкой грибного порошка «Грифола курчавая» высокого качества.

Качество хлебобулочных изделий определяют по органолептическим и физико-химическим показателям в соответствии с требованиями стандартов на новый пищевой продукт. Физико-химические и органолептические показатели ХБИ с добавкой грибного порошка «Грифола курчавая» показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели ХБИ с добавкой грибного порошка «Грифола курчавая»

Параметры	Физико-химические показатели	Параметры	Органолептические показатели
Пищевая ценность	Витамины: В1, В2, В4, В5, В6, В9, D, D2, Е, РР, С, К. Микро- макро-элементы: калий, кальций, фосфор, магний, натрий, сера, железо, марганец, медь, селен, цинк. Аминокислоты: аргинин, валин, гистидин, лейцин, треонин, триптофан, аланин, аспарагиновая кислота, глицин, глютаминовая кислота.	Форма	Форма хлеба правильная. Корка слегка выпуклая, не мятая, без боковых наплывов.
Влажность, %	43,7	Цвет	Светло-коричневый, равномерный.
Кислотность	3,9	Поверхность	Гладкая, без трещин.
Пористость, %	58,0	Аромат	Свойственный хлебобулочному изделию.
Противопоказания	Аллергия на компоненты гриба, беременность, лактация, дети до 12 лет, индивидуальная непереносимость.	Состояние мякиша	Хорошо пропеченный, без комочков, пустот и следов непромеса, с равномерной пористостью.

При регулярном употреблении в пищу ХБИ с добавкой грибного порошка «Грифола курчавая» в рационе населения Алтайского края восполнятся недостающие витамины, что поможет предотвратить развитие заболеваний, связанных с питанием.

Факторы конкурентоспособности нового продукта показывают, что предприятие по производству хлебобулочных изделий с добавкой грибного порошка «Грифола курчавая» может занимать устойчивую позицию на рынке пищевой промышленности, так как новый функциональный продукт имеет биологическую ценность, высокие органолептические показатели и сравнительно невысокую стоимость среди продуктов лечебно-профилактического назначения.

Таким образом, разработка ХБИ с добавкой грибного порошка «Грифола курчавая» поможет частично восполнить недостаток витаминов и минералов у населения Алтайского края благодаря лечебно-профилактическим свойствам продукта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Функциональные продукты как новое направление пищевых технологий: монография/кол. авторов; под ред. Г.С. Степановой – Москва: РУСАЙНС, 2021. – 154с.
2. The Merck Manual. Руководство по медицине. Диагностика и лечение / гл. ред. Роберт С. Портер; пер. с англ. под ред. И.И. Дедова. – М.: ООО «ГРУППА РЕМЕДИУМ», 2015. – 4640 с.: ил.
3. Технология производства хлеба с повышенной витаминной ценностью / А.О. Бывалец // Технология пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания, №2, 2017.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЕРЕРАБОТАННОГО ПЛАСТИКА

Семёнова Ксения Дмитриевна, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail:kseniya.sem@mail.ru

Научный руководитель - Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail:novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрена актуальность разработки технологии производства дорожных знаков с применением переработанного пластика. проблема загрязнения окружающей среды и свойства пластика как материала. Представлено обоснование разработки технологии производства дорожных знаков с применением переработанного пластика. Описаны потребительские качества дорожных знаков с применением переработанного пластика.

Ключевые слова: экология, утилизация, переработка, пластик, дорожные знаки.

Период естественного разложения пластика – от 100 до 400 лет. Пластик, попадая в мусорные контейнеры, постепенно разлагается на токсичные вещества, загрязняющие окружающую среду. Основную массу из пластиковых отходов составляет полиэтилен высокого давления и линейный полиэтилен, в таблице 1 представлены процентные доли пластиковых отходов в общей массе [1].

Таблица 1 – Процентная доля пластиковых отходов в общей массе

Компонент	Доля в общей массе, %
Полиэтилен высокого давления (ПВД) и линейный полиэтилен (ЛПЭ)	19
Полиэтилен низкого давления (ПНД)	13
Полипропилен	18
Полиэтилентерефталат-упаковки (ПЭТ-упаковки)	11
Различные волокна (большая часть из которых полиэфирные)	14

Одним из способов вторичного использования пластика является производство дорожных знаков на его основе.

Дорожные знаки являются неотъемлемой частью в организации дорожного движения. Знак должен отчетливо донести до каждого человека ту информацию, которая в него заложена изначально. Пластик соответствует по техническим характеристикам металлу, его применяют в производстве дорожных знаков.

Основным минусом являются дополнительные затраты на специальную светоотражающую пленку, что увеличивает себестоимость товара. Прочность пластика снижается при низких температурах, поэтому для северных районов России необходимо добавлять морозоустойчивые компоненты. Вышедшие из строя дорожные знаки следует сдавать в специализированные предприятия на переработку.

Схема технологии производства дорожных знаков с применением переработанного пластика представлена на рисунке 1.

Выбранная основа препятствует увеличению отходов пластика в окружающей среде. Дорожные знаки из отходов пластика эксплуатируются при любых погодных условиях. Основа пластикового дорожного знака обладает прочностью, влагостойкостью, устойчива к воздействию солнечных лучей и микроорганизмов [2].



Рисунок 1 –Технология производства дорожных знаков с применением переработанного пластика

В качестве переработанных отходов пластика выбраны отходы полиэтилентерефталата. Полиэтилентерефталат (ПЭТ) – это термопластик, полученный в результате поликонденсации этиленгликоля с терефталевой кислотой. К ПЭТ-отходам относятся пластиковые ПЭТ-бутылки и банки, использованные пакеты, одноразовая посуда и другое.

Измельчение пластика методом механического рециклинга является следующим этапом в технологии производства дорожных знаков. Механический рециклинг – это метод, суть которого состоит в механическом измельчении пластиковых отходов с целью дальнейшей термической обработки и получения качественного сырья. Данный способ обработки полимерных отходов отличается универсальностью, так как позволяет дать вторую жизнь всем типам пластика без загрязнения среды обитания вредными испарениями и выбросами [3].

Окрашивание дорожных знаков осуществляется порошковой покраской – это технология получения высококачественных полимерных покрытий, которые являются оптимальным способом как декорирования различного рода поверхностей, так и защиты от коррозии. Поверхность дорожного знака при порошковой покраске пригодна для применения на изделиях, которые находятся вне помещений, устойчива к ультрафиолетовому излучению и атмосферным явлениям.

Придание светоотражающего эффекта обеспечивает использование пленки, которая является наиболее надежным способом придания светоотражающего эффекта дорожным знакам. Светоотражающая пленка на дорожных знаках упрощает процесс регулирования и организации дорожного движения. Пленки повышают срок службы дорожных знаков, увеличивают уровень безопасности автотранспортных средств и населения.

Технико-технологические показатели дорожных знаков с применением переработанного пластика, характеризующие уровень его качества в сравнении с аналогами, описывает карта технического уровня (таблица 2).

Таблица 2 – Карта технического уровня дорожных знаков с применением переработанного пластика

Наименование показателя качества	Дорожные знаки на с применением переработанного пластика	Дорожные знаки из сплавов металла
Устойчивость к внешним воздействиям	Повышенная прочность, трудно-воспламеняемость, влагостойкость	Прочность, трудно-воспламеняемость
Устойчивость к коррозии	+	-
Устойчивость к выгоранию	+	+
Срок эксплуатации	8 лет	4 года
Температура эксплуатации	От –60 °С до +100 °С	От –45 °С до +55 °С
Толщина	0,8 миллиметров	2 миллиметра
Вес	3 килограмма	1 килограмм
Цена за дорожный знак I типа-размера	1000 рублей	1300 рублей

Пластиковая основа не подвергается коррозии, с длительным сроком эксплуатации в условиях неблагоприятной окружающей среды. Поверхность дорожных знаков с применением переработанного пластика не подвергается заражению плесенью и грибок, выдерживает перепады температур, является трудно-воспламеняемым материалом, следовательно не нуждается в дополнительном напылении. Отчистка от пыли выполняется стандартной уборочной техникой [2].

Таким образом, проблема загрязнения окружающей среды отходами пластика является актуальной. Решение данной проблемы – вторичная переработка пластика с дальнейшим производством дорожных знаков. В производстве дорожных знаков применяется переработанный пластик, а также при замене металлических дорожных знаков на пластиковые частично уменьшится доля вредных веществ, которые поступают в окружающую среду [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иванова О.А. Утилизация и переработка пластиковых отходов / О.А. Иванова, Е.О. Реховская. - Текст: непосредственный // Молодой ученый. - 2015. - № 21 (101). - С. 54-56.
2. Медведев В.С., Медведева М.Г. Переработка пластика для дорожных обозначений // Проблемы науки. 2019. №12 (48).
3. Петров А.В., Дориомедов М.С., Скрипачев С.Ю. Технологии утилизации полимерных композиционных материалов (обзор) // Труды ВИАМ. 2015. №8.
4. Потапова Е.В. Проблема утилизации пластиковых отходов [Текст] / Е.В. Потапова // Известия Байкальского государственного университета. – 2018. – Т. 28, №4. – С. 535 – 544.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛИЦЕЙ

Тазеев Григорий Русланович, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail: grisha.tazeev@bk.ru

Научный руководитель – Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail: novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрена актуальность разработки технологии производства автоматизированной системы управления теплицей. Представлено обоснование выбора метода автоматизации и его уровень, для выращивания растений в закрытом грунте. Описаны технологические особенности и возможности совершенствования уровня автоматизации для повышения качества автоматизированной системы управления теплицей. Приведена модель технологии производства автоматизированной системы управления теплицей.

Ключевые слова: автоматизированная система управления (АСУ), выращивание растений в закрытом грунте, технологический процесс (ТП), контроль климатических условий, капельный полив.

Алтайский край – крупнейший аграрный регион России, совмещает в себе различные климатические условия в различных точках края, что позволяет выращивать на территории различные виды аграрной продукции.

Сжигание ископаемых видов топлива (нефть, газ, уголь), при которой происходит выброс углекислого газа в атмосферу - аэрозольное загрязнение, неправильное использование почвы, что приводит к снижению ее плодородию [1].

Тепличные хозяйства широко распространены в Алтайском крае. Теплица является технологическим резервуаром для хранения и выращивания растений.

Информационные технологии активно внедряют во все сферы производства. Одним из аспектов информационных технологий является автоматизация. Автоматизация значительно упрощает процесс работы в различных видах работ предприятий и позволяет повысить эффективность производства [2].

В сфере сельскохозяйственной деятельности необходимость автоматизации растет, так как различные особенности производства-выращивания требуют больших трудовых затрат и постоянного контроля [3].

Цена на растительную продукцию на территории Алтайского края возрастает с каждым месяцем. Ценовые изменения показаны на рисунке 1.

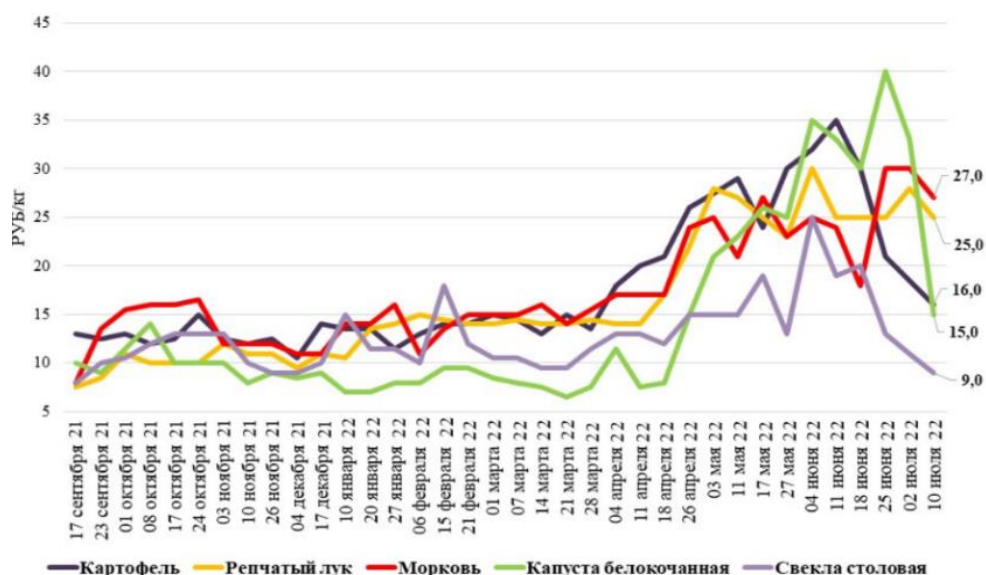


Рисунок 1 – График ценообразования растений в России

Для анализа возникновения тенденции повышения цен, необходимо проанализировать объемы рынка растительной продукции, необходимо оценить общий объем произведенной продукции на территории Алтайского края (таблица 1 [4]).

Таблица 1 – Оценка объемов (тонн) экспортируемой продукции в Алтайском крае

Наименование культур	2019	2020	2021	2022	Место среди регионов
Цитрусовые плоды	40	44.5	36.6	38.9	67
Лук	30.3	20.3	25.5	6.4	22
Салат	25.2	23.2	28	25.4	32
Клубника	28.6	30.4	32.8	30.4	60
Яблоки, груши, айва	44.4	50.2	54.8	58.9	35
Виноград	24.6	26.8	30.9	32.4	73
Огурцы	80	65.4	120.4	72.3	12
Помидоры	70.6	64.5	72.4	67.5	24

По результатам оценки и расчета объемов производимой овощной продукции и ценообразования на растительную продукцию (без учета инфляции) можно сделать вывод, что нестабильные климатические условия и различные природные факторы не позволяют установить постоянную ценовую политику на овощную и фруктовую продукцию. Так же цена формируется из затрат на транспортировку, хранение, размещение.

Автоматизация технических процессов (освещение, проветривание, полив) в тепличных сооружениях позволит сократить ряд затрат на рабочую силу, реализацию, хранение и доставку готового товара, а также частичная независимость от внешних погодных условий.

Контроль климата – поддержание благоприятного уровня температуры и влажности позволяет реализовать различные виды растений в условиях одной теплицы независимо от территориального расположения. Независимость от внешних климатических условий позволяет формировать объемы продукции исходя из времени на их производство – выращивание.

Данный способ ведения сельскохозяйственной деятельности в условиях Алтайского края позволяет исключить перечень производственных задач: полив, проветривание, освещение, анализ состояния среды в сооружении, таким образом сокращая себестоимость и повышая объемы производства.

Комплексный подход к выращиванию растений в тепличных сооружениях с помощью автоматизированной системы управления теплицей, основанной на методах автоматизированной системы управления техническими процессами, позволяет прогнозировать объемы производства и иметь итоговый продукт, имеющий идентичные растительные свойства с продуктами, выращенными в открытом грунте.

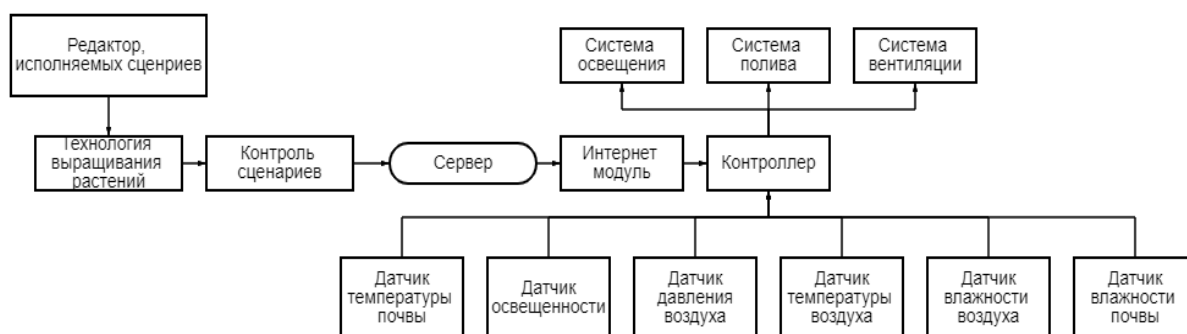


Рисунок 2 – Принципиальная схема работы автоматизированной системы управления теплицей

Разработанная технология производства автоматизированной системы управления подразумевает метод подключения и создание взаимосвязей между устройствами для приема и обработки информации. Автоматизированная система управления теплицей состоит из контроллера, устройств для приема информации (датчик освещения, влажности, температуры), устройств для контроля климата, а также устройства для подключения к интернету.

Центром системы является контроллер, в котором заложена основная логика работы системы. Устройства приема информации передают данные на контроллер, который анализирует входящие данные с параметрами, основанными на технологиях выращивания растений. При несовпадении данных сценариев включает необходимый параметр регулировки среды.

Передача данных осуществляется с помощью микроконтроллера ESP8266 12, который способен работать с мобильными точками доступа. Данные передаются на заранее выделенный адрес сети, при подключении к которой клиент может дистанционно отслеживать климат и получать данные теплицы.

Возможна реализация собственных методов выращивания растений, ручная корректировка условий в системе, путем изменения данных переменных. Стандартные технологии выращивания растений в сценарии основаны на существующих ГОСТах и методах выращивания растений в закрытом грунте.

Таким образом, создание новой технологии по производству автоматизированной системы управления теплицей способствует снижению себестоимости растения, что значительно сократит цену и повысит доступность среди населения Алтайского края.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Глобальное изменение климата и его последствия / О.В. Маслова, Л.В.// Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова, 2018. – С. 24–35.
2. Автоматизация технологических процессов и производств/ И.Ю. Клокотов// Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral» 2019. – С. 45–68.
3. Современные решения в области цифровизации и автоматизации сельского хозяйства/ А.Ю. Чуба// Известия Оренбургского государственного аграрного 2019. 1–18.
4. Объем производства растительной продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО БИОРАЗЛАГАЕМОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ХИТИНА

Чебулин Евгений Алексеевич, бакалавр кафедры «Механика и инноватика»,
e-mail: chebulin.ea@gmail.com

Научный руководитель – Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail: novoselov_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрена актуальность разработки и производства композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина. Разработано технико-технологическое и организационно-экономическое решение композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина с применением методов научно-технического творчества. Представлено обоснование разработки, производства композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина в граничных условиях Алтайского края.

Ключевые слова: хитиновая основа, композиционные материалы, биodeградирующие полимеры, сохранение окружающей среды, хитин.

Каждый год спрос на полимерные материалы растет, что приводит к росту производства, а утилизация и переработка таких материалов до сих пор остается проблемой из-за высоких финансовых затрат. Бытовые отходы, и изделия, на основе полимерных материалов долго остаются в окружающей среде, вредя биосфере и ноосфере. Засорение окружающей среды пластиком ведет к массовой гибели животных, ухудшению качества воды и почвы. Микроскопические частицы образуются из полимерных отходов, в результате длительного воздействия ультрафиолетовых лучей и осадков, загрязняя почву и грунтовые воды.

В условиях нехватки органического сырья, полимерные отходы приобретают значительную материальную и энергетическую ценность, что делает их важным экономическим фактором.

Разработка, производство и применение биоразлагаемых полимерных материалов имеет преимущества, в виде утилизации пластиковых отходов, снижении затрат на биodeградирующие полимеры, объемы которых растут с каждым годом; снижение потребности в синтетических полимерах, ухудшающих экологическую обстановку; сокращение парниковых испарений на 15–60% при замене полимерных материалов прошлого поколения на биоразлагаемые полимеры, из чего следует вывод о необходимости уменьшения поступлений в окружающую среду не разлагаемых полимеров путем создания разлагаемого, не токсичного, полностью возобновляемого полимера, для последующего применения при производстве в машиностроительной, строительной, тяжелой, автомобилестроительной и многих других сфер промышленности.

Большинство современных предприятий по производству полимерных материалов, предоставляют продукцию низкого качества, то есть с различными добавками, в основном это обуславливается стремлением снизить издержки.

Создание материалов, предназначенных для замены не разлагаемым пластмассам – актуальная задача, решение которой очень важно для современной науки и человечества в целом. Биологические полимеры имеют аналогичные физико-механическими свойствами, но при определенных условиях могут распадаться на безопасные для окружающей среды вещества, а также широко распространены и полностью возобновляемы. Среди перспективных материалов на этом фоне выделяются биополимеры на основе хитина.

Граничные условия Алтайского края имеют все необходимые ресурсы и возможности для практической реализации инновационного проекта. Производство конечной продукции заключается в применении нового композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина, в качестве замены используемых не разлагаемых полимеров. В граничных условиях научно-образовательной организации, заинтересованной в повышении качества продукции полимерного производства, и предприятия, которые в перспективе могут быть партнерами в процессе работы.

Степень уникальности изобретения определяется патентным поиском, в ходе которого выявлено, что указанная технология не имеет аналогов, наиболее близкой по качественным характеристикам является патент «Биоразлагаемый полимерный композиционный материал на основе вторичного полипропилена», RU2678675C1. Получения права на использование данной технологии обеспечит заключенный с патентообладателем лицензионный договор.

Таблица 1 – Карта технического уровня для композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина

Критерии/Аналоги	Композиционный биоразлагаемый материал на основе хитина	Композиционный биоразлагаемый материал на основе полипропилена
Время распада материала, месяц	1	4
Основа материала	хитин	полипропилен
Стойкость к разным температурным режимам, °С	от – 40 до + 330	от – 40 до + 190
Прочность при разрыве σ_r , Мпа	9,2-13,3	6,2
Бактерицидность	обладает	не обладает
Относительное удлинение при разрыве ϵ_r , %:	460	150
Модуль упругости E, Мпа	250-300	223-255
Массовая доля влаги	>2%	>5%
Возможность переработки	есть	отсутствует
Цена, рублей за кг	350	880

Новшество разрабатывается с целью применения его в сфере: медицинской, легкой и средней промышленности, машиностроительной промышленности, для производства изделий, обладающих такими конкурентными преимуществами как: сокращение затрат на производства, безопасность для окружающей среды, высокие физико-механические свойства.

Преимущества: экономия финансовых средств на производство продукции, путем снижения затрат плавления материалов.

Недостатки: необходимость доставки и производства в строго установленные сроки.

Разработанный материал возможно производить на базе Алтайского края, за счет того, что все необходимые ресурсы находятся в пределах края, такие как: техника, оборудование и расходные материалы, так же квалификации имеющихся специалистов достаточно для производства нового материала

За счет композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина предприятие будет способно производить высококачественные полимерные изделия, безопасные для окружающей среды со сниженными издержками.

Потребительский спрос, при достижении узнаваемости будет высоким за счет свойств нового материала, а также сниженных издержек производства, в сравнении с конкурентами, за счет применения нового материала, но в тоже время спрос может быть снижен на начальном этапе за счет высокой конкуренции.

Потребительская ценность нового товара высокая, за счет высоких физико-механических свойств и полной биодegradации, что решает проблему загрязнения окружающей среды полимерными отходами в Алтайском крае, из чего следует, что необходимо повышать уровень осведомленности потенциальных потребителей.

Ожидаемый социальный эффект заключается в снижении выбросов не разлагаемых токсичных полимеров в окружающую среду. Конечный потребитель получает безопасный и высококачественный продукт по сниженной цене. Применение нового материала возможно для производства всех видов полимерной продукции, а снижение затрат является актуальным исходя из постоянного роста цен на полимерные материалы.

Реализация инновационного проекта композиционного материала на основе хитина и создания малого инновационного предприятия потребует 2500000 рублей. На проведение фундаментальных и прикладных исследований планируется получение гранта государственной программы «УМНИК» в размере 500000 рублей. Источником финансирования является государственная программа «СТАРТ». В процессе моделирования плана сбыта была задана цена за один кг материала, составляющая 350 рублей, а планируемый объем сбыта равен 210850 кг материала в год.

Анализ результатов показал, что модель производства инновационного проекта обеспечивает окупаемость затрат за 58 месяцев, индекс прибыльности составляет 1,17, что является нормой для инновационного проекта.

Таким образом, решение в виде малого инновационного предприятия, производящего композиционный биоразлагаемый материал на основе хитина помогает снизить стоимость выше указанных факторов, т.е. конечную стоимость получаемой продукции, а также негативное влияние полимерных отходов на окружающую среду. Для решения глобальных экопроблем, таких как загрязнение пластиком и исчерпание природных ресурсов, целесообразно разработать биоразлагаемый композиционный материал на основе хитина. Исследования, проводимые в этой сфере, обладают перспективами и могут быть применены в граничных условиях Алтайского края.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новоселов С.В. Управление инновационными проектами: процесс разработки и коммерциализации новшества: учеб. пособие; часть 1 / С.В. Новоселов, А.С. Новоселов, А.С. Новоселов; ФГБОУ ВО «АлтГТУ им. И.И. Ползунова». – Барнаул: АлтГТУ, 2022. – 128 с.
2. Галкин Е.С. Биоразлагаемый материал на основе хитина / Е. С. Галкин, Д.А. Казачков, Д. В. Байгозин. / Молодой ученый. 2021. № 35 (377). С. 1-3
3. Никитенко П. Хитозан – полимер будущего / П. Никитенко, Л. Хрустицкая // Наука и инновации. – 2013. – № 9. – С. 14
4. Осовская И.И. Дополнительные главы технологии полимерных материалов. Физико-химические свойства хитина, хитозана и волокон на их основе: учеб. пособие / И.И. Осовская. - СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. - 80 с.

ПОДСЕКЦИЯ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ КОРПУСА МОТОЦИКЛА

Веретенников Иван Алексеевич, студент кафедры «Современные специальные материалы»,
e-mail:veretennikovmf@mail.ru

Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:geab2@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе были рассмотрены общие и технические требования к корпусу мотоцикла, а также проблемы, с которыми сталкивается водитель мотоцикла при эксплуатации. Проанализировав результаты испытаний видно, что главная проблема заключается в мелких механических повреждениях. Необходимость повысить прочность изделия подтолкнуло на проектирование материала с высокими упруго-прочностными свойствами.

Ключевые слова: корпус мотоцикла, технические требования, дефекты, композитные материалы, повреждения, углепластик, защитное покрытие.

Изготовление защитного покрытия корпуса мотоцикла из композиционного материала позволит на значительной мере увеличить прочность самого мотоцикла. В отличие от традиционных корпусов мотоциклов, при создании корпуса из композиционного материала появится ряд достоинств:

- поверхностная защита от ультрафиолетового излучения;
- устойчивость к влиянию высоких и низких температур, а также к их перепадам;
- легкость ухода;
- долговечность;
- защита от мелких механических повреждений;
- маскировка небольших повреждений, потертостей и вмятин.

Что касается технических требований:

Нужно подобрать качественный материал для корпуса мотоцикла, который способен выдержать внешние воздействия среды, иметь к ним устойчивость. Покрытие должно защищать его и не будет способствовать деформированию самого корпуса под покрытием [1].

В композиционном материале не должно возникать нарушения сплошности (расслоение, инородные включения, воздушные и газовые раковины, непроклеенные области) и дефектов микроструктуры (появление зон повышенной пористости, малая степень отверждения связующего, несоблюдение оптимального соотношения матрицы и армирующего вещества, неправильная ориентация волокон, возникновение складок и подмятин, царапины)[2].

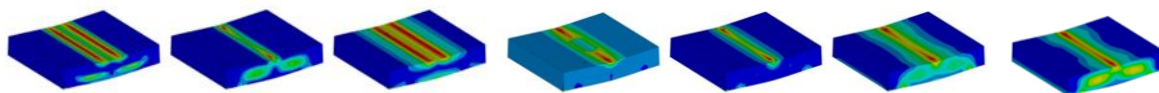


Рисунок 1 – Напряжения в углепластике, выявленные при виртуальном моделировании

При проектировании композиционного материала вопрос совместимости наполнителя и матрицы является определяющим. Различают несколько видов такой совместимости, каждый из которых необходимо учитывать при проектировании.

Необходимо, чтобы соблюдалось условие монолитности композиционного материала. КМ считается монолитным, если его разрушение связано с потерей сплошности армирующих элементов; в случае если разрушение системы обусловлено разрушением полимерной матрицы или связей на границе раздела фаз либо потерей устойчивости, то система не монолитна и, следовательно, высокая прочность волокон реализуется не полностью [2].

В данной работе был спроектирован материал на основе углеродного волокна, эпоксидной смолы и отвердителя, удовлетворяющий вышеизложенным требованиям.

Первый компонент – углеродное волокно УМТ 290, полученное из полиакрилонитрильного прекурсора, свойства которого представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики углеродного волокна

Предел прочности при растяжении	$\geq 4,4$ ГПа
Модуль упругости при растяжении	≥ 290 ГПа
Удлинение при разрыве	1,4%
Линейная плотность	730 \pm 10 текс
Объёмная плотность	1,74 г/см ³
Содержание углерода	Более 95%

Связующее – один из двух компонентов композиционных материалов переходя в твердое состояние и становятся матрицей. Обычно матрица связывает отдельные частицы (или волокна) наполнителя создавая, (образуя) монолитный конструкционный материал. Свойства композиционного материала формируется объемным сочетанием компонентов и существенно отличаются от свойств каждого из них [3].

Определив требования, предъявляемые к матрице для создания композита (таблица 2), из таблицы 3 подбираем терморезактивное связующие с удовлетворяющими характеристиками.

Таблица 2 – Требования к связующему

Упруго-прочностные характеристики	Требование к связующему
Адгезионная прочность, $\tau_{адг}$, МПа	1,35
Временное сопротивление E_c , ГПа	22
Модуль упругости, σ_c , МПа	1,8
Относительное удлинение при разрыве, %	3

Таблица 3 – Сравнение характеристик терморезактивных связующих

Параметры	Эпоксидная	Полиэфирная	Фенолоформальдегидная	Полиамидная
Плотность, кг/м ³	1200	1300–1380	1200–1360	200–1450
Предел прочности при растяжении, МПа	60–88	44–54	22–78	8–9
Модуль упругости, ГПа	5–10	4,5–7	1,4–4	3,2–3,5
Ударная вязкость, КДж/м ²	2–10	2–10	3–11	4–12
Температура эксплуатации °С	От –50 до +150	От – 50 до +200	От –50 до +200	От –60 до +150
Относительное удлинение при разрыве %	1,2–10	0,5–0,6	0,4–0,5	1,0–4,0

Выбор пал на эпоксидную смолу ЭД-22 (количество эпоксидных групп и летучих веществ, а также термомеханическая совместимость).

Таблица 4 – Свойства эпоксидиановой смолы ЭД-22

Упруго-прочностные характеристики	ЭД-22
Адгезионная прочность, $\tau_{адг}$, МПа	4,9
Временное сопротивление E_c , ГПа	62
Модуль упругости, σ_c , МПа	–
Относительное удлинение при разрыве, %	3

Определившись со смолой, необходимо также правильно подобрать отвердитель.

ПЭПА - применяется для отверждения при комнатной температуре эпоксидных смол.

Положительные свойства ПЭПА:

- повышает эластичность и прочность материалов;
- усиливает их адгезию с разными поверхностями;
- имеет высокие показатели вязкости;
- экономичен в расходовании;
- бюджетен в цене.

Таким образом, монолитность совместной работы армирующего материала и связующего поможет добиться сплошности всех компонентов системы и отсутствия нарушений связи на границе раздела фаз при деформировании композита до тех пор, пока армирующие элементы не потеряют сплошность и устойчивость.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технология получения изделий из углепластика [Электронный ресурс] URL <https://comcarbo.ru/news/>
2. Справочник по композиционным материалам: В 2-х кн. Кн. 2 /Под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. А.Б. Геллера, М.М. Гельмонта; Под ред. Б.Э. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988. – 584
3. ГОСТ Р 56211–2014 Смолы эпоксидно-диановые неотвержденные ГОСТ Р 56211–2014 Смолы эпоксидно–диановые неотвержденные. Технические условия – docs.cntd.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛОПАСТЕЙ ВЕТРЯНЫХ МЕЛЬНИЦ

Гринёв Алексей Александрович, студент кафедры «Современные специальные материалы»,
e-mail:Grinew.alex@gmail.com

Научный руководитель – Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Для проектирования композита на основе базальтового волокна для изготовления лопастей ветряных мельниц, были рассмотрены технические требования к изделию и условия эксплуатации. Использование композита на основе базальтового волокна позволит снизить опасность возгорания во время грозы, стоимость изделия.

Ключевые слова: лопасть ветряных мельниц, базальтовое волокно, композитные материалы, условия эксплуатации, механические нагрузки.

Лопастей ветротурбины должны быть сконструированы таким образом, чтобы преобразовывать кинетическую энергию ветра в крутящий момент, обладая при этом конструктивными свойствами, обеспечивающими требуемую статическую и усталостную прочность в течение длительного срока эксплуатации. Кроме того, они должны иметь достаточно низкие материальные и производственные затраты, чтобы вся система ветротурбин могла быть принята на рынке.

Условия неравномерного потока включают работу со сдвигом ветра поперек ротора, с ротором, частично отклоненным от ветра или в условиях наклонного потока на склоне горы (примеры неосевых потоков). Нестационарные режимы работы включают работу в турбулентном пограничном слое, в котором скорость и направление ветра на роторе изменяются во времени и пространстве.

В дополнение к различным воздействиям на конструкцию лопасти во время эксплуатации также могут подвергаться ударам молнии, физическим воздействиям разрушительной эрозии поверхности. В некоторых редких случаях конкретное событие может привести к полному отказу лопасти почти немедленно; например, мощный удар молнии или экстремальная ветровая нагрузка, которая приводит к тому, что вращающаяся лопасть ударяется о башню.

Значительная форма повреждений, наблюдаемая в рабочих лопатках турбины, вызвана абразивными частицами, находящимися в воздухе, которые воздействуют на переднюю кромку и разрушают ее, особенно в направлении кончика, где скорости выше. После установки эта шероховатая поверхность ухудшит аэродинамические характеристики лопасти и снизит выработку энергии; если ее не отремонтировать, вскоре возникнут структурные по-

вреждения слоистого материала, требующие более длительного и сложного ремонта [1].

После анализа свойств различных наполнителей можно сделать вывод о том, что базальтовые волокна наиболее оптимальный вариант для использования в создании лопастей ветряных мельниц. Они обладают высокой стойкостью к коррозии, имеют высокие прочностные характеристики, а также обладают хорошей огнестойкостью. Так как постоянно существует риск попадания молнии и возникновения пожара. Также базальтовое волокно относительно недорогое и простое в производстве. Для облегчения выкладки материала на форму была выбрана базальтовая ткань марки БТ-11.

Как правило, в качестве матрицы в композитах для создания лопастей используются терморезистивные материалы (эпоксидные смолы, полиэфиры, винилэфиры) и реже применяются термопласты.

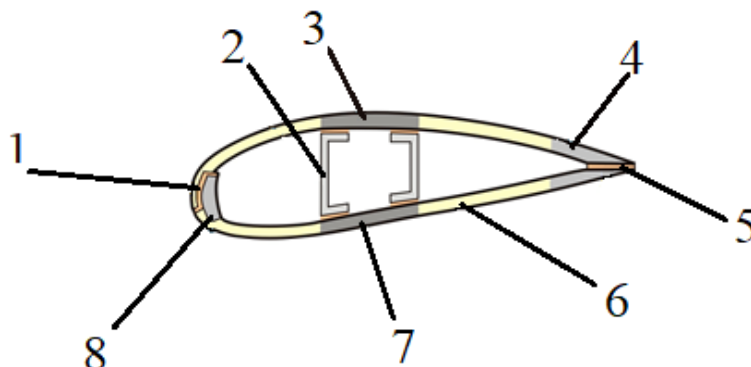


Рисунок 1 – Схема сечения лопасти: 1, 5 – клеевое соединение; 2 – лонжерон; 3 – горизонтальный несущий слоистый композит; 4 – несущий слоистый композит на растяжение-сжатие; 6 – сэндвич-конструкция; 7 – несущий слоистый композит на растяжение; 8 – несущий слоистый композит на растяжение-сжатие

Таблица 1 – Характеристики БТ-11

Тип ткани	Базальтовая
Переплетение	Саржевое
Ширина полотна, см	100 (+2;-1)
Толщина, мм	0,33 ($\pm 0,03$)
Масса на единицу площади, г/м ²	370 (± 20)
Количество нитей на 1 см, н/см по основе/утку	18(+1)/8(± 1)
Разрывная нагрузка, Н (кгс), по основе/утку	2620 (260)/2100(210)
Тип замасливателя	Силан
Массовая доля замасливателя, % не менее	0,4
Диапазон рабочих температур, °С	-250/+650
Температура плавления, °С	+700

Эпоксидные смолы являются оптимальным связующим для базальтовых волокон, они просты в применении обладают подходящими характеристиками:

- отличная адгезия к армирующим элементам;
- химическая реакция смесей безопасна и сопровождается только небольшим выделением тепла;
- обладает небольшой усадкой при отверждении;
- устойчивы к воздействию воды, кисло и щелочей;
- современные модификации эпоксидных смол позволяют выбрать марку с определенной температурой, скоростью и временем отверждения.

В качестве связующего была выбрана эпоксидная смола марки ЭД-22, так как она обладает самым большим модулем упругости, низкой токсичностью и вязкостью [2].

После выбора связующего необходимо подобрать отвердитель.

Триэтилентетрамин (ТЭТА) – отвердитель горячего отверждения. Представляет собой прозрачную жидкость, с небольшим желтоватым оттенком. Использование отвердителя в чистом виде не рекомендуется, поскольку композиции отверждаемые ТЭТА обладают рядом существенных недостатков. Среди них такие, как экзотерма до 200 °С в 100 граммах, плохое отверждение при температуре ниже 15 °С, образование липкой и жирной поверхности отвержденных образцов из-за взаимодействия с углекислым газом из воздуха, низкая адгезия, при высокой влажности воздуха, значительное пожелтение прозрачной композиции и т.д. Поэтому для данного отвердителя требуется точное соблюдение всех технологий [3].

После сравнительного анализа различных наполнителей, связующих и отвердителей были выбраны следующие компоненты:

Наполнитель – базальтовая ткань БТ-11

Связующее – эпоксидная смола ЭД-22

Отвердитель – триэтилентетрамин (ТЭТА)

Данные компоненты были выбраны за счет низкой стоимости, сбалансированной прочности и менее опасные для здоровья человека, а также простоты использования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1948. - 544 с.

2. Чернин И.З. Эпоксидные полимеры и композиции [Текст] / И.З.Чернин, Ф.М. Сметов, Ю.В. Жердев. – М.: Химия, 1982. – 232 с.

3) Eller K, Henkes E, Rossbacher R, Höke H (2005). «Алифатические амины». Энциклопедия промышленной химии Ульмана. Вайнхайм

СИЛИКАТНЫЙ КЛЕЙ ИЛИ ЖИДКОЕ СТЕКЛО

Емельянова Анастасия Евгеньевна, магистрант кафедры «Современные специальные материалы», e-mail:nastya-emel@bk.ru

Научный руководитель – Головина Елена Анатольевна, доцент, e-mail:gea62@yandex.ru

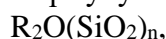
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

С силикатным клеем мы знакомы с самого детства. Раньше до появления клеевых карандашей школьники пользовались им для склеивания картона (бумаги), сейчас же нынешние школьники изготавливают из него разноцветные слаймы. Что же касается взрослых, материал под торговым названием «силикатный клей» относится к универсальным вспомогательным средствам; его с успехом задействуют в строительстве, в декоре и быту. Применение силикатных смесей очень широко, что делает их универсальными и уникальными.

Ключевые слова: жидкое стекло, силикатный клей, виды, свойства, силикатный модуль.

Жидкое стекло (силикатный клей) – водный щелочной раствор силикатов натрия и (или) калия [1]. В масштабном производстве чаще используют натриевое и (или) калиевое жидкое стекло, реже применяют силикаты лития, например в электродном покрытии.

Жидкое стекло, как правило, бесцветно, иногда имеет оттенки желтого или зеленого цвета. Исходное состояние силикатного клея – вязкая жидкость, которая после отверждения образует водонепроницаемую твердую фазу, способную работать при повышенных температурах. Формулу жидкого стекла можно представить в обобщенном виде:



где R – натрий, калий, литий или четвертичный аммоний; n – силикатный модуль, показывающий число молекул кремнезема на одну молекулу окиси натрия, калия, лития или четвертичного аммония.

Существует несколько видов жидкого стекла [2]:

1. Жидкое стекло с добавлением солей натрия.

Химическая формула соединения щелочных силикатов имеет следующий вид:

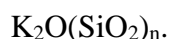


Самый распространённый и дешёвый вид силикатного клея. Обладает высокими вяжущими свойствами, что способствует обеспечению хорошей гидроизоляции поверхности.

Жидкое натриевое стекло улучшает механические свойства обработанных поверхностей (прочность и износостойчивость), относится к огнеупорным материалам (повышает их жаростойкость) и защищает от воздействия агрессивных жидкостей (кислоты), добавляется в строительные смеси, в частности бетон. Хорошо переносит высокие температуры и практически не деформируется.

2. Жидкое стекло с добавлением солей калия.

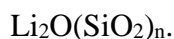
Химическая формула соединения щелочных силикатов имеет следующий вид:



Жидкое калиевое стекло обладает высокой стойкостью к кислотам и хорошо поглощает влагу, устойчиво к образованию грибов и бактерий. Чаще всего применяется в виде добавки к лакокрасочным материалам, входит в состав силиконовых красок. Силикатный клей с добавлением калия плохо деформируется под действием высоких температур.

3. Жидкое стекло с добавлением гидроксида лития.

Химическая формула соединения щелочных силикатов имеет следующий вид:



Жидкое литиевое стекло применяется в электродном напылении для электродуговой сварки, в создании терморегулирующих покрытий космических аппаратов нового поколения, для изготовления силикатных плёнок и антибликовых покрытий. Обеспечивает термоустойчивое покрытие изделию.

Процесс получения жидкого литиевого стекла очень длительный и трудоёмкий, поэтому его не изготавливают в промышленных масштабах. Такой силикатный клей обладает хорошей адгезией к любым подложкам, долговечностью, высокой трещиностойкостью и устойчивостью у низким температурам (космос).

4. Жидкое стекло с добавлением «нано-керамики».

В состав «нано-керамического» жидкого стекла обычно входит оксид титана, до 3%, или оксид алюминия, менее 2%.

Оксид титан используют для отбеливания и термической защиты. С помощью оксида алюминия добавляют огнеупорные свойства жидкому стеклу.

Используется для обработки кузова автомобиля, в качестве защиты от коррозии, влаги и прочих факторов.

Важной характеристикой, как для растворимого, так и для жидкого стекла является силикатный модуль, его можно с помощью уравнения [4]:

$$n = \frac{n(\text{SiO}_2)}{n(\text{R}_2\text{O})} = \frac{m(\text{SiO}_2) \cdot M(\text{R}_2\text{O})}{m(\text{R}_2\text{O}) \cdot M(\text{SiO}_2)},$$

где $n(\text{SiO}_2)$, $n(\text{R}_2\text{O})$ – количество вещества оксидов SiO_2 и R_2O в жидком стекле, моль; $m(\text{SiO}_2)$, $m(\text{R}_2\text{O})$ – массы оксидов SiO_2 и R_2O в анализируемой пробе жидкого стекла, г; $M(\text{SiO}_2)$, $M(\text{R}_2\text{O})$ – молярные массы SiO_2 и R_2O , г/моль.

Модуль растворимого стекла является его главной характеристикой, позволяющей определить степень пригодности стекла в каждом отдельном случае. Качества стекла напрямую зависят от силикатного модуля, чем больше силикатный модуль, тем лучше. Обычно данная величина варьируется в пределах от 2,5 – 3,5, в среднем бывает 3,0.

Жидкое стекло может быть представлено в следующем виде (рисунок 1): растворимого порошка; силикат глыбы; гранулы; жидкого раствора [3].

Несмотря на то, что в изготовлении силикатного клея используются разные компоненты, в конечном счете, они обладают схожими свойствами.

Достоинства жидкого стекла:

- Силикатный клей абсолютно не токсичный. Имеет категорию «зеленой химии». «Зеленая химия» предлагает единственную в своем роде платформу для разработки экологически чистых и безопасных технологий.

- Дешевизна в производстве. Практически каждый человек способен сделать жидкое стекло в домашнем производстве. Калиевое жидкое стекло стоит от 54 руб./кг, а натровое от 16 руб./кг.
- Низкая теплопроводность и огнеупорные свойства. При взаимодействии с высокими температурами не выделяет вредных примесей.
- Невосприимчивость к влаге. Исключает появление грибков, гнили и плесени.
- Долгий срок службы.

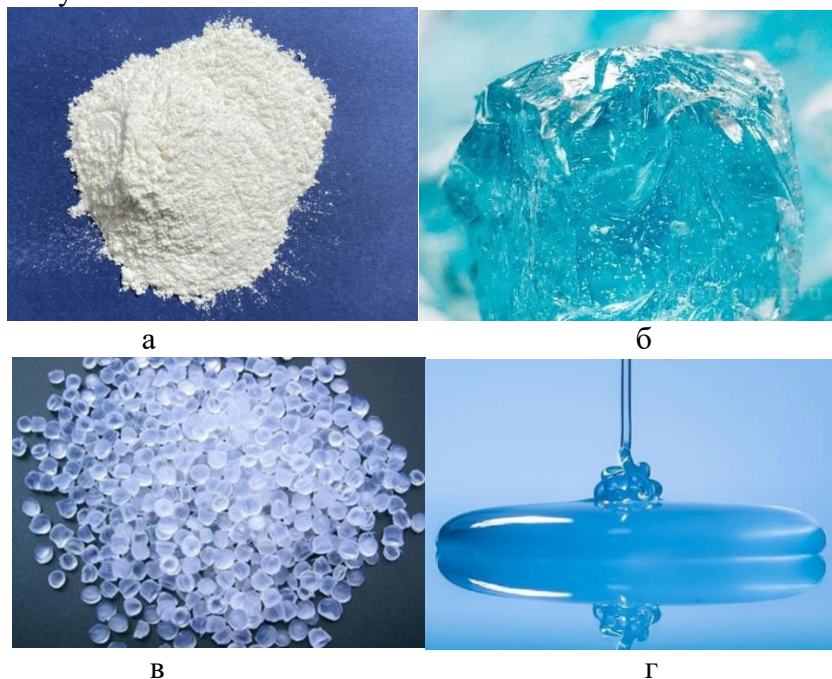


Рисунок 1 – Виды жидкого стекла: а) порошок; б) силикат глыба; в) гранулы; г) жидкий раствор

Недостатки жидкого стекла:

- При работе с силикатным клеем требуется защитная одежда, чтобы избежать попадания на кожу. В состав клея входит щелочь, при падении на кожу вызывает химические ожоги.
- Жидкое стекло плохо взаимодействует с кирпичом. Кирпич имеет пористую поверхность при нанесении жидкого стекла, стекло впитывается, что приводит к разрушению структуры кирпича.
- Смесь с добавлением силикат клея быстро засыхает.
- Плохо сочетается с другими органическими веществами, так же образуемая на поверхности пленка не позволяет наносить другие защитные покрытия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жидкое стекло – Режим доступа https://ru.wikipedia.org/wiki/Жидкое_стекло (Дата обращения 28.03.2023)
2. Жидкое стекло: применение в строительстве и быту, особенности использования, характеристики – Режим доступа <https://goodhim.com/stati-i-video/pro-zhidkoe-steklo/> (Дата обращения 28.03.2023)
3. Жидкое стекло: производство из стеклобоя и практическое применение – Режим доступа <https://rcycle-net.turbopages.org/rcycle.net/s/steklo/produksiya-iz-vtorichnogo/zhidkoe/> (Дата обращения 28.03.2023)
4. Теоретические основы получения, хранения и применения жидкого стекла: Текст лекции / В.В. Русина. – Братск: БрГТУ, 2002 – 13 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛА С ВЫСОКИМИ УПРУГО-ПРОЧНОСТНЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ХОККЕЙНОЙ КЛЮШКИ

Квачиненко Дарья Алексеевна, студент кафедры «Современные специальные материалы»,
e-mail:kvachinenkodaria@mail.ru

Научный руководитель – Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Выбрав хоккейную клюшку, как объект исследования, были рассмотрены общие и технические требования к инвентарю, а также проблемы, с которыми сталкивается игрок при использовании данного атрибута. Проанализировав результаты опытов видно, что главная проблема заключается в изломе клюшки, попав под острое лезвие конька или же в шайбу. Необходимость повысить прочность изделия подтолкнуло на проектирование материала с высокими упруго-прочностными свойствами.

Ключевые слова: хоккейная клюшка, технические требования, дефекты, композитные материалы, механические нагрузки, излом, разрушение

Хоккей – один из популярных зимних видов спорта. В течение долгих лет хоккей был единственной спортивной дисциплиной, входившей в программу зимних Олимпиад. Первые упоминания об игре с клюшками на льду были в XVIII веке.

Хоккейная клюшка является главным инструментом игрока. Выбрать из всего многообразия моделей подходящую очень непросто даже для профессионала. Существуют общие и технические требования, которые прописаны в ГОСТ Р 59358-2021. Ключевой момент – на клюшках не допускаются острые выступы, их края должны быть закруглены, радиус закругления - не менее 3 мм [1].

Что касается технических требований:

1) На поверхности клюшек не допускаются дефекты в виде вмятин, трещин, царапин, сколов, шероховатостей и заусенцев.

2) Для изготовления клюшек разрешено использовать дерево, металл, композитные материалы, карбон или карбонсодержащие полимеры.

3) Соединение крюка и рукоятки должно выдерживать механические нагрузки на скручивание не менее 50 Нм в двух направлениях и на излом не менее 200 Нм в четырех взаимно перпендикулярных направлениях [2].

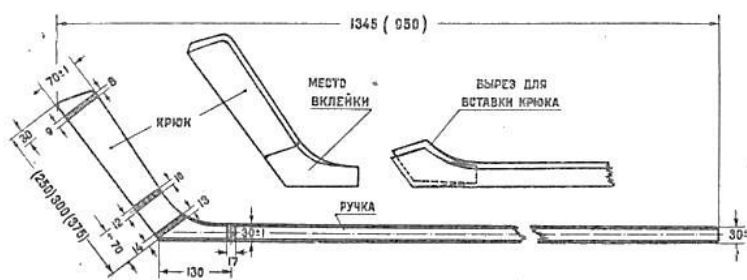


Рисунок 1 – Соединение крюка с рукоятью

«Разрушение» клюшки чаще всего это происходит в местах прогиба трубы и в местах приема шайб в крюке. В некоторых случаях поломка происходит от надрыва слоёв углеволокна в клюшке, когда случайно попадает под острое лезвие конька или попадает шайба в трубу. Иногда эти действия приводят к частичному разрушению внутренних слоёв клюшки, а иногда и к полноценному перелому [3].

Для повышения упруго-прочностных свойств спроектируем материал на основе углеродного волокна, эпоксидной смолы и отвердителя.

Первый компонент – углеродное волокно на основе ПАН-прекурсора. Прекурсором для производства углеродных волокон в настоящее время является почти исключительно ПАН и его сополимеры. Отлично подойдет углеродное волокно УМТ, так как оно обладает высокой прочностью и модулем упругости при растяжении.

Из таких волокон можно выделить углеродное волокно УМТ 290, которое состоит из

12 тыс. нитей. По физическим характеристикам оно хорошо подходит для создания хоккейной клюшки. УМТ290-12К-EP – углеродное волокно, полученное из полиакрилонитрильного прекурсора.

Имеет высокий модуль упругости, что позволяет его использовать в различных промышленных сферах применения, в том числе некоторых специфичных сферах применения высокомодульного волокна.

Таблица 1 – Основные характеристики углеродного волокна

Предел прочности при растяжении	≥ 4,4 ГПа
Модуль упругости при растяжении	≥ 290 ГПа
Удлинение при разрыве	1,4%
Линейная плотность	730±10 текс
Объёмная плотность	1,74 г/см ³
Содержание углерода	Более 95%
Тип аппрета ¹	EP
Массовая доля аппрета ²	0,8–1,5%

После определения требований, предъявляемых к матрице, следует выбрать связующее для будущей клюшки.

Эпоксидные смолы являются оптимальным связующим волокнистых армирующих материалов. И для этого у них есть широкий спектр потребительских и технологических достоинств:

- 1) Отличная адгезия к большинству армирующих материалов.
- 2) Усадка при отверждении не так велика.
- 3) Современные модификации эпоксидных смол дают возможность выбрать марку со определенной температурой, скоростью и временем отверждения.
- 4) Устойчивы к воздействию воды, высоких температур, кислот и щелочей.

Поэтому в качестве связующего была выбрана эпоксидная смола марки ЭД-22, так как она обладает самым большим модулем упругости, имеет меньшее количество летучих веществ и низкую вязкость.

Третьим немало важным компонентом в структуре является отвердитель эпоксидных составов – ТЭТА. Это жидкий отвердитель на основе алифатических полиаминов.

Важные характеристики данного отвердителя:

- 1) Повышение прочности и эластичности.
- 2) Усиливание адгезии к материалам.
- 3) Подходит для всех видов смол и для пигментов.

Таким образом, монолитность совместной работы армирующего материала и связующего поможет добиться сплошности всех компонентов системы и отсутствия нарушений связи на границе раздела фаз при деформировании композита до тех пор, пока армирующие элементы не потеряют сплошность и устойчивость. Для повышения упруго-прочностных свойств хоккейной клюшки разумно подобрать углеродное волокно марки УМТ290-12К, поскольку оно обладает высокой прочностью и модулем упругости при растяжении, что позволит клюшке выдерживать большие нагрузки при ударе и сохранить свою геометрию и свойства. А также эпоксидная смола и ТЭТА, что тоже позволит придать клюшке прочность и эластичность – это главная характеристика для спортивного атрибута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 59358–2021. Клюшки для игры в хоккей с шайбой. Технические условия; введ. 2021 – 05 – 01. – Москва: Изд-во стандартов, 2021. – 1 с.
2. ГОСТ Р 59358–2021. Клюшки для игры в хоккей с шайбой. Технические условия; введ. 2021 – 05 – 01. – Москва: Изд-во стандартов, 2021. – 3 с.
3. «Ремонт хоккейных клюшек» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kotelservice.ru/remont-vratarskoy-klyushki-svoimi-rukami/>

ПРИРОДА НАПОЛНИТЕЛЯ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА

Кузнецова Анастасия Павловна, студент кафедры «Строительные конструкции»,
e-mail:kuznecovastasya@gmail.com

Научный руководитель – Головина Елена Анатольевна, доцент, e-mail:gea62@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Объем производства пенополиуретанов, за последние годы значительно вырос и продолжает расти, это связано с изменением требований к термическому сопротивлению конструкций. В ходе работы были рассмотрены теплофизические свойства наполненного пенополиуретана, а также оценка экономической целесообразности различных теплоизоляционных материалов.

Ключевые слова: полиол, мел, стеклосфера, тальк, теплозащита, объемная доля, коэффициент теплопроводности.

Благодаря низкому значению коэффициента теплопроводности λ , широкому диапазону кажущейся плотности $\rho_{\text{каж}}$ и возможностью наполнения различными материалами пенополиуретан широко используется в различных отраслях строительной индустрии и промышленности.

Коэффициент теплопроводности является одним из основных свойств газонаполненных материалов и складывается из коэффициентов теплопроводности твердой фазы, газа, конвективной и радиационной составляющих. Чем меньше вклад каждого из компонентов в суммарный показатель, тем выше теплозащитные характеристики утеплителя. Теплопроводность зависит и от общей плотности (полимер + газ + наполнитель), влажности и водопоглощения, при повышении этих параметров коэффициент теплопроводности также начинает расти.

Гетерогенные полимерные вспененные материалы могут иметь газовую составляющую до 99%, следовательно, с увеличением пористости теплопроводность пеноматериала будет снижаться за счет сокращения объема более теплопроводной твердой фазы.

Рассчитывая коэффициент теплопроводности вспененного материала необходимо было учитывать конвекционные потоки, излучение, размеры пор и температуру окружающей среды:

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 = \alpha V_n \cdot \lambda_n + V_{\text{закр}} \cdot \lambda_{\text{смеси}} + (1 - V_{\text{закр}}) \cdot \lambda_{\text{возд}} + 0 + M \cdot x + c$$

где $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ – коэффициенты теплопроводности твердой фазы, газовой фазы в порах, за счет конвекции, за счет излучения соответственно; V_n – объемное содержание полимера; α – постоянная, учитывающая ориентацию тяжелей пенопласта в направлении теплового потока ($\alpha=0,75$); λ_n – коэффициент теплопроводности полимера; $V_{\text{закр}}$ – объемная доля закрытых пор в пенопласте; $\lambda_{\text{смеси}}$ – эффективный коэффициент теплопроводности смеси газов в замкнутых ячейках; $\lambda_{\text{возд}}$ – коэффициент теплопроводности воздуха; M и c – постоянные; x – линейные размеры ячеек.

Пенопласты с размером ячеек 1,5...4,0 мм производят достаточно редко, поэтому конвективным переносом тепла можно пренебречь.

Из открытых источников известно, что коэффициент теплопроводности ненаполненного пенополиуретана лежит в диапазоне от 0,018 до 0,035 Вт/(м·К), следовательно, введение дисперсного наполнителя в композицию заведомо увеличит этот показатель и он будет варьироваться в зависимости от природы дисперсного наполнителя и его объемной доли и распределения в материале. Хотя, если задаться целью и улучшить другие характеристики: повысить адгезию к бетону, кирпичу, древесине, металлу, стеклу; устойчивость к действию агрессивных сред; повысить тепло- и морозостойкость, огнестойкость; снизить себестоимость продукта, то введение наполнителей вполне оправдано.

Образцы для исследования (рисунок 1) были изготовлены на основе ненасыщенной полиэфирной смолы, полиизоцианата, активатора радикальной полимеризации полиэфирной смолы и дисперсных наполнителей (мел, тальк, полые стеклосферы).



Рисунок 1 – Образцы пенополиуретана с 1% и 30% объемной долей наполнителей (тальк, мел, стеклошеры)

Испытания на определение коэффициента теплопроводности проводились согласно с ГОСТ 7076-99 с помощью измерителя теплопроводности «ИТС-1», результаты исследования отражены на рисунке 2.

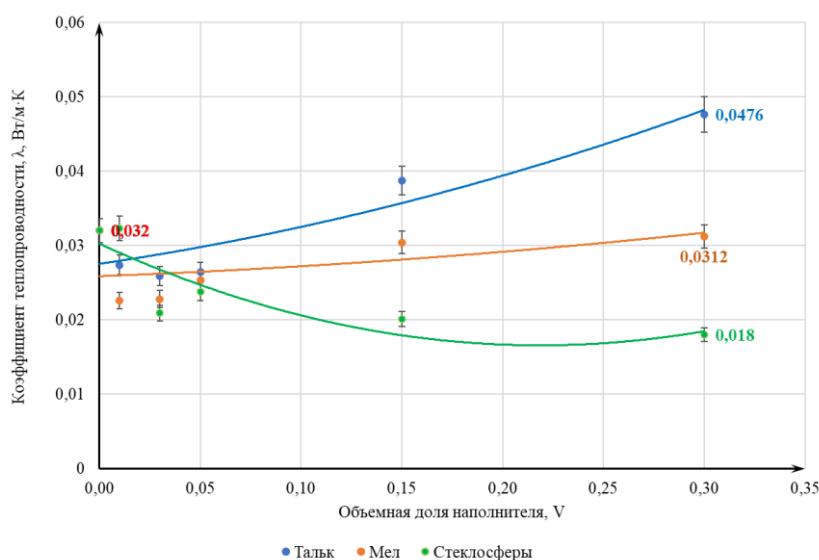


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента теплопроводности наполненных образцов от степени наполнения, R^2 – достоверность аппроксимации

Из анализа данных видно, что у образцов ППУ наполненных мелом, тальком и поли-ми стеклошерами коэффициент теплопроводности λ с увеличением объемной доли частиц до 3% снижается в 1,4, 1,2 и 1,5 раза, соответственно, а при 30% -ном наполнении повышается в 1,7 и 2,6 раза для мела и талька.

Для сфер при 30%-ном наполнении коэффициент теплопроводности снизился в 1,8 раза, этот эффект можно объяснить равномерным распределением полых микросфер в узлах и тяжах газоструктурного элемента и появлением бимодальной модели ячеистой структуры в ППУ.

На рисунке 3 представлена оценка экономической целесообразности различных теплозащитных материалов. Исходя из представленных данных, пенополиуретан позволяет успешно решить проблемы сокращения тепловых потерь в 3-3,5 раза по сравнению с традиционно используемыми материалами.









Диаграмма толщин материалов, обеспечивающих эквивалентные теплоизоляционные характеристики при нормальных условиях эксплуатации				Диапазон рабочих температур, °С	Нормативный срок эксплуатации, год	Рыночная стоимость, 1 м ³ /тыс. руб.
Наименование материала	Толщина материала, мм	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К				
	Пенополиуретан	30	0,018-0,035	от минус 200 до плюс 180	30	1,80–2,40
	Полистирол	40	0,035-0,045	от минус 180 до плюс 80	30	4,45–4,95
	Пробка	50	0,050-0,060	от минус 30 до плюс 90	3	230,00–258,00
	Минеральная вата	60	0,052-0,058	от минус 40 до плюс 350	3	1,50–3,60
	Дерево	120	0,14-0,15	от минус 50 до плюс 50	50	4,20–23,00
	Пенобетон	250	0,145-0,280	от минус 30 до плюс 120	10	2,70–3,00
	Керамзитобетон	380	0,50-0,70	от минус 50 до плюс 50	300	3,10–5,50
	Кирпич	450	0,56-0,95	от минус 70 до плюс 550	50	2,50–3,00

Рисунок 3 – Оценка экономической целесообразности различных теплозащитных материалов

Актуальность вопросов энергосбережения жилых и нежилых сооружений сегодня уже ни у кого не вызывает сомнений. Поэтому должна быть поставлена цель – найти материал, который бы: обладал достаточно хорошими теплоизоляционными свойствами, простой технологией теплоизоляции, был долговечен.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воробьев В. А. Полимерные теплоизоляционные материалы / В.А. Воробьев, Р.А. Андрианов. – М.: Стройиздат, 1972. – 143 с.
2. Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров / Ю.С. Липатов, Ю.М. Малинский. – М.: Химия, 1991. – 260 с.
3. Берлин А.А. Основы производства газонаполненных пластмасс и эластомеров / А.А. Берлин. – М.: Госхимиздат, 1954. – 94 с.
4. Кулешов И.В. Теплоизоляция из вспененных полимеров / И.В. Кулешов, Р.В. Торнер – М.: Стройиздат, 1987. – 144 с.

КЕРАМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВОЙ КЕРАМИКИ

Кузнецова Виктория Викторовна, студент кафедры «Современные специальные материалы», e-mail: vik4.kzn@yandex.ru

Научный руководитель – Хапёрских Снежана Александровна, зам. зав. кафедрой ССМ, старший преподаватель, e-mail: snezhana_v@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Анализ основных компонентов в составе керамики, а также области ее применения, способствует развитию перспективных направлений в разработке, модификации и производстве новых, современных керамических материалов с улучшенными свойствами под определенные цели и нужды предприятия. Описание технологии производства позволяет в перспективе определиться с рецептурой компонентного состава и способами модификации. Выявление основных стадий технологического процесса способствует его модификации, а также сокращению цикла по производству керамических изделий.

Ключевые слова: керамика, технология, композит, производство, керамические материалы, хозяйственно-бытовая керамика, эксплуатационные свойства, обжиг.

Керамика – это смеси различных неорганических тугоплавких веществ в тонкоизмельченном виде, обработанные особым способом.

В условиях научно-технического прогресса роль керамических материалов, обладающих комплексом ценных свойств, таких как термостойкость, высокая механическая прочность, жаропрочность, высокая электроизоляционная способность, магнитные свойства и многие другие, постоянно растет. Новые виды керамики необходимы для развития ряда отраслей современной техники – энергетики, в том числе атомной, электроники, радиотехники, для освоения космоса и океана.

В условиях научно-технического прогресса существует необходимость использования новых керамических материалов, обладающих уникальными свойствами, не присущими ни металлам, ни синтетическим полимерным и пластическим массам, ни традиционным видам керамики. При этом требования к материалам становятся все более жесткими, и, кроме того, более всеобъемлющими.

Основная классификация материалов, на основе керамики представим на рисунке 1.



Рисунок 1 – Классификация керамических материалов

Для разработки новых способов синтеза и новейшей технологии необходимы усилия для овладения системным пониманием решаемых проблем. Здесь возможно использование аналогий с учетом основных концепций процессов синтеза керамики и одновременным обсуждением областей ее применения.

Наибольший интерес для автора, представляет хозяйственно-бытовая керамика. Далее рассмотрим технологию производства этой керамики. Технологическая схема по производству хозяйственно-бытовой керамики можно представить согласно рисунка 2.

Керамика обладает жаропрочными свойствами, поэтому при её изготовлении требуется высокая температура, это обязательное условие в производстве керамики. Поскольку при обычной температуре она малопластична и хрупка, то её нельзя подвергать пластической обработке. Кроме того, из-за высокой твердости обработка керамики резанием затруднена и в связи с этим чрезвычайно трудно получить изделия желаемой формы. Но керамика отличается преимуществом – возможностью изготовления из неё изделий с высокой точностью обработки.

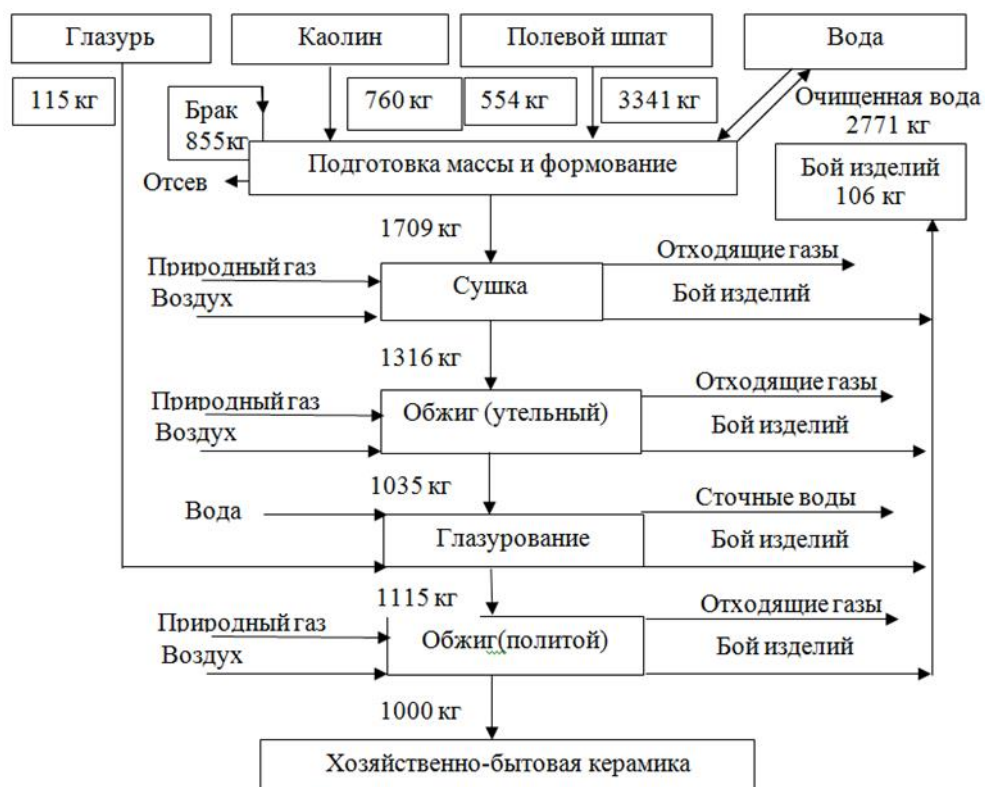


Рисунок 2 – Схема производства хозяйственно-бытовой керамики

Так как керамика обладает превосходной коррозионной стойкостью, то исключается необходимость обработки поверхности изделий для защиты от коррозии. Из отдельной гомогенной фазы можно обычно в один прием изготавливать небольшие изделия, а также изделия простой формы: в виде пластинок, стержней, цилиндров или порошка. Так получают различную керамику.

Стоит отметить, что изделия сложных форм (например, шестерни), а также крупные фасонные изделия зачастую изготавливают из порошка с определенным компонентным составом сырья для формования. После этого полуфабрикат спекают при высоких температурах (метод спекания).

Этот процесс широко используют при изготовлении изделий из материалов методом порошковой металлургии. Однако для спекания керамики необходима более высокая температура. Кроме того, для обеспечения образования керамики с заданными свойствами следует контролировать не только состав вещества, кристаллическую структуру, но и тонкую структуру. В связи с этим весьма важно получение порошка, служащего исходным материалом.

Производство керамических изделий для быта включает следующие основные операции: приготовление массы, формование изделий, сушку, обжиг и декорирование. Компоненты, которые на сегодняшний день применимы для производства керамики, можно разделить на вспомогательные и основные. Основные – это материалы, используемые для приготовления керамических масс, глазури, керамических красок; вспомогательные – те материалы, которые применяются для изготовления капсулей, гипсовых форм. Кроме того, основные компоненты делятся на отощающие, пластические, глазуриобразующие, плавни и керамические краски. К пластическим относят каолины и глины, образованные из-за распада горных пород типа гнейса, полевого шпата, гранита. Отличительная особенность каолинов от глин – более чистый химический состав, меньшая пластичность, большая огнеупорность. К отощающим материалам можно отнести кварц и чистые кварцевые пески, способствующие снижению пластичности глин, снижению деформации, а также усадки изделий при сушке. Плавни могут снизить температуру спекания и плавления материалов на основе глины, придать плотность. Также он (например, доломит) способствуют тому, что материал приобретает просвечиваемость, механическую прочность.

Глазурь (глазуреобразующие материалы) – представляет собой стекловидный и достаточно тонкий слой на поверхности керамики. Ее основное предназначение – предохранение от механических воздействий, улучшение гигиеничности, придание поверхности изделия улучшенный внешний вид. Глазури подразделяют на прозрачные и непрозрачные (глухие), окрашенные или бесцветные.

Керамические краски нашли свое применение в украшении фаянсовых, фарфоровых, майоликовых и прочих изделий. Основу таких красок составляют металлы и их оксиды на их основе, образующие при нагревании с алюминатами, силикатами, боратами и прочими веществами окрашенные соединения на черепке керамических изделий. Анализируя керамические краски по характеру применения, их можно подразделить на надглазурные и подглазурные. Подглазурные краски наносят на неглазурованный обнаженный черепок, затем изделие покрывают глазурью и обжигают. Надглазурные – наносят на черепок, покрытый глазурью, закрепляют их особым обжигом при температуре 600-850 °С.

Приготовление керамической массы должно осуществляться последовательно с выполнением определенных стадий технологического процесса производства: сырье необходимо очистить от вредных включений (в том числе и минеральных), стадии дробления, разлома, просеивания через сита, дозирования и смешивания. Формование изделия должно осуществляться с использованием из жидких и пластических керамических масс. Формование несложных изделий производят из пластической массы влажностью 24-26 %, используя гипсовые формы при помощи стальных шаблонов.

Таким образом, автором данной работы проведен анализ керамических материалов, дана их классификация. Из представленной классификации керамических материалов наибольший интерес представляет хозяйственно-бытовая керамика. Наряду с анализом керамическим композиционных материалов также рассмотрен технологический процесс производства хозяйственно-бытовой керамики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технология керамических материалов и искусственных пористых заполнителей: учебное пособие: в 2 частях / составители М.А Ращупкина, П.П. Дерябин. - Омск: СибАДИ, 2022 - Часть 1 - 2022. - 50 с.
2. Керамические материалы / Г.Н Масленникова, Р.А Мамаладзе, С. Мидзута, К. Коумото; Под ред. Г.Н Масленниковой. - М.:Стройиздат, 1991. -320 с.
3. Общая технология керамических изделий [Текст]: [учебное пособие для средних ПТУ] / Ф.Н. Волкова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Стройиздат, 1989. - 79 с.
4. Керамические материалы и изделия. – Режим доступа: <https://www.bsut.by/images/MainMenuFiles/Obrazovanie/Kafedry/Arhitektura/lekcii/ceramics.pdf> (Дата обращения 22.03.2023).

ПОЛИМЕРНЫЕ ПРУЖИНЫ

Купреев Данила Алексеевич, бакалавр кафедры «ССМ», e-mail:Danila.02.30@yandex.ru
Научный руководитель – Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной статье рассматриваются полимерные пружины из углеродного волокна, стеклянного, высококомодульного. Их экспериментальные характеристики так же описание технологии получения. Использование полимерных пружин позволяет облегчать конструкции и значительно продлевать их время работы. Введу особенностей волокна пружины имеют уникальные свойства и возможности, по ним можно создать полную статистику от длины, количества витков, диаметра проволоки, данное изделие не индивидуально и может быть подобрано исходя из необходимых параметров.

Ключевые слова: Пружина. Ровинг, волокно, растяжение, сжатие, пултрузия, УКН-5000.

Пружины обычно работают в условиях многократно повторяющихся нагрузок. Такие детали должны обладать высокими упруго-прочностными свойствами и выдерживать большое количество повторяющихся нагрузок в процессе эксплуатации без поломок и без выпадения осадков. Последнее означает, что при снятии нагрузки пружина должна полностью восстановить свой первоначальный размер и форму

Многочисленными исследованиями установлено, что на долговечность пружин большое влияние оказывает качество и чистота обработки поверхности. Риски, волоски, царапины и другие дефекты поверхности недопустимы, поскольку они резко снижают эксплуатационные характеристики таких деталей. Горячая навивка допустима только для пружин диаметром больше 10 мм. Пружины широко применяются в конструкциях в качестве виброизолирующих, амортизирующих, возвратно-подающих, натяжных, динамометрических и других устройств [1].

Пултрузия – техпроцесс формования и отверждения пропитанных полимерным связующим волокон, протяжкой через систему фильер с постепенно уменьшающимся сечением. Этим способом была изготовлена пружина (рисунок 1), похожая на изначальную задумку, деталь держала форму, но при размерах $d_{\text{внеш}}=30$ мм, $d_{\text{фильеры}}=4$ мм и угле спиральной намотки в 14° пружина имела малую жесткость и выдерживала нагрузку 2 Н.

При использовании пучка волокон, связанных между собой только связующим возникла проблема работы пружины на сжатие, вся нагрузка приходилась на межфазный слой, и возникла проблема реализации волокна в композите, для устранения этого недостатка необходимо было скрутить пропитанный связующим пучок волокон (закручивать при этом можно в любую сторону) просто при этом нужно было менять направление намотки на правое или левое самой пружины. Данная пружина сжатия (рисунок 1) не подошла для дальнейшего использования, так как не соответствовала требованиям к изделию.



Рисунок 1 – Пружина сжатия

Для изготовления пултрузионной протяжкой пружины растяжения было использовано высокомодульное волокно УКН-5000 (есть возможность скрутить ровинг). Скрутка ровинга должна происходить во время смачивания эпоксидным связующим, что позволяет контролировать целостность моноволокон (рисунок 2). Для изготовления пружины необходимо взять: ровинг УКН-5000 – 65%, эпоксидное связующее 35% (эпоксидная смола ЭД-20 и отвердитель изо-МГФТА), отверждаемое при температуре 90 C^0 и до полного отверждения пружины можно придать заготовке требуемую форму.



Рисунок 2 – Пружина растяжения из углеродных волокон УКН-5000

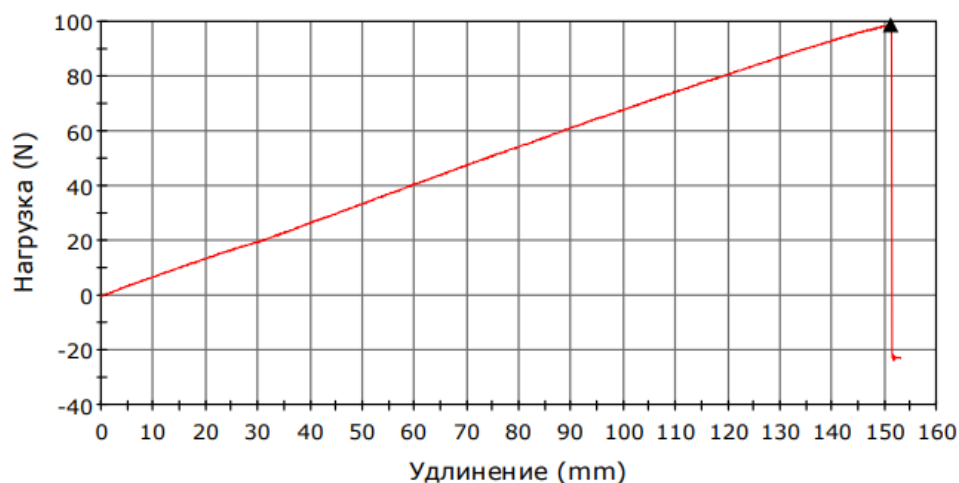


Рисунок 3 – Испытание пружины

В реальных испытаниях при скорости нагружения 50 мм/мин разрывная машина не смогла разрушить пружину, т.к. при нагрузке в 98,7Н вышли из строя приспособления, удерживающие пружину в зажимах. При использовании более подходящих зажимов нагрузка предположительно должна возрасти вдвое. При растяжении пружина деформировалась в течение всего времени нагружения более чем в 1,5 раза, а после снятия нагрузки дефектов ни на внешнем, ни на внутреннем слое изделия обнаружено не было, пружина осталась работоспособной. Теоретические расчеты показали, что нагрузка исследуемой пружины должна соответствовать 200-250 Н и относительному удлинению в 300 % при упругой деформации.

Углеродная пружина является хорошей альтернативой металлической, однако основной проблемой является стоимость. Данный вид пружин способен выдержать циклические нагрузки в сотни миллионов циклов, в то время как как металлические не всегда доходят до десяти миллионов.

Для изготовления полимерной пружины оптимальным способом является пултрузия с последующей намоткой заготовки на соответствующий диаметр отправки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Упругие пружины [Электронный ресурс] URL<https://podarilove.ru/uprugie-pruzhiny-pruzhiny-uprugie-elementy-v-mashinah-raschet-ploskih-i/>
2. Пултрузия [Электронный ресурс] URL<https://studref.com/642949/tehnika/pultruziya>

СТЕКЛОВОЛОКНО И СТЕКЛОПЛАСТИКИ

Левкович Евгений Александрович, студент кафедры «Современные специальные материалы», e-mail:genilev@bk.ru

Научный руководитель – Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В ходе работы, были рассмотрены свойства некоторых видов стекловолокон, а также изготовление и свойства стеклопластиков. Описаны области применения стеклопластиков в зависимости от их свойств.

Ключевые слова: композиционный материал, стеклотекстолит, стекловолокно, стеклопластик, пластмассы с стекловолокнистыми наполнителями.

Стекловолокно является уникальным материалом благодаря своему неповторимому набору свойств. Оно имеет большую прочностью при сжатии и при растяжении, устойчиво к повышенным температурам, не горит, практически не впитывает влагу, и устойчиво к биохимическому воздействию. Из стекловолокна можно изготавливать материалы с высокими

тепло-, электроизоляционными и звукоизоляционными характеристиками, а также с высокой механической прочностью.

Таблица 1 – механические свойства стекловолокон

Волокно	Плотность ρ , 10^3 кг/м^3	Модуль растяжения, ГПа	Предел прочности при растяжении, ГПа
Е-стекло	2,5	73	2,5
S-стекло	2,5	86	4,6
Кремнизем	2,5	74	5,9

Стеклопластики – это КМ, изготавливаемые по средствам объединения стекловолокон и полимерных связующих. В зависимости от требуемых свойств, выбираются различные типы стекловолокон, включая нити и волокнистые материалы.

Стеклопластики изготавливаются различными способами, например, прессованием, пултрузией. Связующими материалами чаще всего применяются терморезистивные смолы, такие как фенольные, эпоксидные и полиимидные, данные вещества способны обеспечивают сильную адгезию, а также наилучшим образом реализуют механические свойства стекловолокон.

Механические свойства стеклопластиков в значительной мере зависят от свойств армирующих волокон и их ориентации, а в меньшей степени - от связующего материала. Свойства связующего в основном определяют температурные характеристики стеклопластиков.

Стеклотекстолит обладает рядом преимуществ по сравнению с обычным текстолитом. Например, стеклотекстолит имеет более высокую термостойкость в диапазоне от 140 до 180 °С, в то время как у текстолита она составляет от 105 до 125 °С. Кроме того, удельное сопротивление стеклотекстолита составляет 1011 Ом·м, что в несколько раз выше, чем у обычного текстолита, где это значение составляет 107 Ом·м. Тангенс угла потерь у стеклотекстолита также значительно меньше - 0,02 против 0,07 у текстолита. Листовой стеклотекстолит, покрытый медной фольгой, используется для создания заготовок для печатных плат.

Среди различных материалов, используемых в промышленности, стеклопластик отличается своим низким удельным весом - в среднем 1100 кг/м³. В сравнении с удельным весом стали, равным 7800 кг/м³, и меди, которая весит 8900 кг/м³, стеклопластик выглядит особенно перспективным материалом для использования в транспортной отрасли. Снижение веса транспорта ведет к экономии энергии и топлива, что в свою очередь позволяет увеличить радиус действия транспортных средств и увеличить их полезную нагрузку.

Таблица 2 - Физико-механические характеристики различных материалов

Физико-механические характеристики	Стеклопластик	ПВХ	Сталь	Алюминий
Плотность, кг/м ³	1600-2000	1400	7800	2700
Разрушающее напряжение при сжатии (растяжении), МПа	410	41-48	410-480	80-430
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	690-1240	80-110	400	275
Модуль упругости при растяжении, ГПа	21-41	2,8	210	70
Модуль упругости при изгибе, ГПа	27-41	2,8	210	70
Коэффициент линейного расширения, $\cdot 10^{-6}$ м/град	5-14	57-75	11-14	140-190
Коэффициент теплопроводности, Вт/мК	0,3-0,5	0,15-0,16	46	140-190

Стеклопластик, благодаря своей устойчивости к коррозии, находит широкое применение в морской отрасли. Он используется для производства корпусов судов, обшивки бассейнов, систем водоочистки и т.д. Более того, стеклопластик не проводит электрический ток, что позволяет использовать его для изготовления элементов конструкций в области радиочастотной и микроволновой техники. В таких случаях, где важны электромагнитные свойства материала, стеклопластик может выступать в качестве альтернативы металлическим материалам.

Стеклопластик не деформируется при низких и высоких температурах, что позволяет

его эксплуатацию в экстремальных температурных условиях для производства утеплителей типа сэндвич-панелей.

Стеклопластики используются в производстве оконных и других профилей, бассейнов, водных аттракционов, водных велосипедов, лодок, кузовных панелей и обвесов для грузовых и легковых автомобилей, корпуса маломерных судов, крыльев и корпусов самолетов и космических аппаратов и др.

Стеклопластиковые трубы и емкости широко используют в химической, нефтяной и горнодобывающей отраслях для транспортировки и хранения агрессивных жидкостей, а также для шахтного водоотлива. Благодаря высокой прочности и стойкости к коррозии, стеклопластиковые изделия обеспечивают надежную защиту от утечек и повреждений, что обеспечивает безопасность персонала и окружающей среды.



Рисунок 1 - Vympel 7000, катер из стеклопластика



Рисунок 2 – Стекловолоконный бак GRPFRP для воды и масла

В области электротехники стеклопластиковые материалы широко используются как электроизоляционные материалы. Они применяются при производстве высоковольтных выключателей, панелей, деталей, электрических машин и корпусов приборов и т.д. Благодаря диэлектрическим свойствам, стеклопластиковые изделия обеспечивают защиту от электрических ударов и коротких замыканий.

Создавая изделия из стеклопластиков можно получить ряд необходимых физико-химических свойств. Этот материал сочетает в себе прочность и легкость, а также имеет сопротивление к химическому и электрическому воздействию, при этом являясь самым дешевым из композитных материалов. Использование стеклопластика в промышленности позволит снизить вес конструкций, что облегчит транспортировку и эксплуатацию изделий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пластмассы с волокнистыми наполнителями
<https://studfile.net/preview/5615853/page:7/>
2. Пластики конструкционного назначения (реактопласты), под ред. Е. Б. Тростянской, М., 1974. В. И. Тюкаев.
3. Стекловолокно и стеклопластики
https://moodle.kstu.ru/pluginfile.php/339293/mod_resource/content/1/5.pdf
4. Все о стеклопластике – изделия, виды, технические характеристики
<https://rcycle.net/steklo/produktsiya-iz-vtorichnogo/steklovolokno/stekloplastik-izdeliya-vidy-tehnicheskie-harakteristiki>

ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ КЕРАМИКИ КАК БИОМАТЕРИАЛА

Мусатова Дарья Алексеевна, студент кафедры «Современные специальные материалы»,
e-mail:dasha.musatova@inbox.ru

Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье представлен обзор керамики как биоматериала. Приведены требования, которые предъявляются к биоматериалам. Разобраны свойства керамики и приведены примеры использования. Определен потенциал керамики в медицине.

Ключевые слова: Биоматериал, керамика, совместимость с биологическими системами.

В настоящее время растёт интерес к созданию совершенных биоматериалов с конкретными химическими и физическими свойствами. Эти материалы должны обладать способностью интеграции в биологическую среду, такую как, например, полость рта или другую часть человеческого организма. Если учесть это требование, то керамические материалы, с точки зрения механических характеристик и биосовместимости, являются наиболее подходящими для решения проблемы внедрения в человеческое тело.

Разберем такое понятие как «биоматериал». Биоматериал – это вещество, синтетического или природного происхождения, которое способно взаимодействовать с биологическими системами без вреда для них [1]. Основными целями биоматериалов являются: поддержка организма в случае потери какой-либо из частей, что привело к неполноценному функционированию человека, а также восстановление эстетической функции [2].

Биоматериалы классифицируются в соответствии с их природой, а именно существуют:

1. Аутоматериалы – материалы из собственных тканей организма.
2. Алломатериалы – материалы из тканей организма одного вида.
3. Ксеноматериалы – материалы из тканей организма другого биологического вида
4. Гетероматериалы – чужеродные материалы, подразделяющиеся на: металлические, полимерные, керамические и стеклянные.

Применение конкретного биоматериала обусловлено определёнными свойствами и структурой для выполнения желаемых функций. Кроме этого, для использования в сфере медицины выбранного материала, должно обращать внимание на соответствие требованиям к биоматериалам [3]. Ряд требований, которые предъявляются к биоматериалам:

1. Химические.
2. Механические.

3. Биологические.

К химическим требованиям относятся отсутствие реакций между материалом и тканями или межтканевыми жидкостями, а также отсутствие коррозии. К механическим относятся такие свойства как прочность, трещиностойкость, сопротивление разрушению и износостойкость. К биологическим требованиям относят биосовместимость и способность к срастанию с костными тканями.

В статье уделяется внимание такому материалу как керамика, которая будет выступать в качестве биоматериала.

По сравнению с металлами или полимерами, керамика обладает наиболее уникальным набором свойств.

- Высокая внутренняя прочность.

Керамика на основе оксидов алюминия (Al_2O_3) и циркония (ZrO_2) обладает такими механическими свойствами как высокая износостойкость и низкий коэффициент трения, что позволяет использовать ее в стрессовых зонах организма в качестве искусственных суставов или в качестве зубных имплантатов.

- Биосовместимость.

Керамика, как правило, совместима с тканями человека. В сравнении с другими материалами, при ее использовании снижен риск воспалительных реакций со стороны организма.

- Универсальность.

Биосовместимые изделия из керамики могут быть смоделированы под любую форму и размер, необходимый для имплантатов, также состав может быть подобран под конкретные условия эксплуатации будущего материала.

Все вышеперечисленные особенности керамики позволяют использовать ее для решения широкого спектра медицинских проблем [5].

Таблица 1 – Физико-механические свойства керамических материалов

Материал	Модуль Юнга, ГПа	Прочность на сжатие, ГПа	Плотность, кг/м ³
Керамика на основе оксида алюминия	380	4000	3900
Керамика на основе оксида циркония	150 – 200	2000	6000
Пористая керамика на основе гидроксиапатита	70 – 120	600	3100

При выборе материала для внедрения его в организм человека необходимо отталкиваться от функций, которые будет выполнять имплантат в каждом конкретном случае.

Если рассматривать биоактивность керамики при взаимодействии с организмом человека, то ее можно классифицировать следующим образом:

1. Инертная.

У материалов, которые являются инертными, практически отсутствует взаимодействие с окружающими их тканями, при этом кость может формироваться в непосредственной близости к поверхности имплантата.

Инертной является керамика на основе оксида алюминия и циркония. Она способна выдерживать среду с низким рН в течение продолжительного времени. Инертные материалы предназначены для постоянных имплантатов, т.к. имеют на своей поверхности защитный слой, который не позволяет агрессивным молекулам биологических жидкостей проникать внутрь материала и препятствуют выходу ионов и попаданию их в организм человека.

2. Активная.

Материалы, которые относят к группе активных, предназначены для связи с биосистемами с целью более эффективного лечения или замены ткани или органа.

3. Биоабсорбируемая.

Керамика, которая остается в организме до конца процесса заживления [4].

Таблица 2 – Применение керамики в медицине

Область применения	Способ
Стоматология	Материалы для реставрации
	Протезы
	Ортодонтические скобки
	Челюстно – лицевая реконструкция
Ортопедия	Замена суставов
Кардиология	Протезы сердечных клапанов
Отоларингология	Имплантаты среднего уха

Таким образом, в работе была рассмотрена керамика и ее преимущества как биоматериала. Она обладает большим потенциалом в сфере медицины и в некоторых случаях является незаменимой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ши Х.Й., Панг Р., Ян Дж., Фан Д., Цай Х., Цзян Х.Б., Хан Дж., Ли Э.-С. Обзор нескольких типичных керамических материалов для восстановительной стоматологии. 2022
2. Бакки А., Сезар П.Ф. Достижения в области керамики для стоматологических применений. Дент. Клин. 2022
3. Зогорский К., Мекуанинт К. Проектирование биоматериалов для модуляции сигнализации выемки в тканевой инженерии и регенеративной медицине. Ткань Eng. Часть В Rev.2021
4. Бровольд М., Алмейда Дж.И., Пла-Паласин И., Сайнс-Арналь П., Санчес-Ромеро Н., Ривас Джей Джей, Алмейда Х., Дачари П.Р., Серрано-Аулло Т., Сокер С. и др. Природные биоматериалы для тканевой инженерии, 2018
5. Джитару С., Ходисан И., Тимис Л., Лучиан А., Бад М. Использование биокерамики . 2016

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СФЕРЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Осипов Иван Аркадьевич, студент кафедры «Современные специальные материалы»,
e-mail:io8951508@gmail.com

Научный руководитель – Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Дано определение Углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ). Названы способы получения УУКМ. Затронуты перспективные сферы применения УУКМ. Подробно рассмотрены перспективы применения УУКМ в сфере ядерной энергетики. Рассмотрен способ повышения радиационно-защитных характеристик УУКМ. Рассмотрен способ изготовления монолитных шаровых ТВЭлов с применением пироуглеродной связки.

Ключевые слова: Углерод–углеродные композиционные материалы, УУКМ, ТВЭл, углеродные волокна, композиционные материалы, конструкционные материалы.

Углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ) – композиционные материалы, состоящие из углеродного или графитового армирующего элемента, представленного в виде волокон, имеющих не только разные характеристики, но и различающиеся пространственные соединения, а также матрицы, состоящей так же из углеродосодержащих элементов, либо графита; за счет этого получаемый материал обладает свойствами как монолитного графита, так и волокнистых КМ.

Существует несколько способов получения УУКМ. Газофазный метод подразумевает химическое осаждение пироуглерода из газовой фазы на армирующий каркас под воздействием повышенных температуры и давления. В жидкофазном методе происходит пропитка

исходного армирующего каркаса различными высоко углеродсодержащими связующими, далее идет их отверждение, и карбонизация при температурах свыше 2000 °С. Далее материал снова пропитывают связующим и повторяют карбонизацию. Помимо того, существует комбинированный метод, совмещающий в себе механизмы газофазного и жидкофазного способов.

Характеристики конструкций из УУКМ выделяются возможностью их получения с широким спектром изначально заданных параметров, зависящих от качества и вида исходного сырья, условий, при которых получены волокна и матрица. Это определяет группу получаемого УВ: высокомодульное, высокопрочное, либо волокно с повышенным удлинением. На задаваемые характеристики влияет и метод их изготовления, количество пропиток, структуры армирования, и т.д.

Затрагивая типы и схемы армирования, следует упомянуть, что у УУКМ они классифицируются по геометрическому принципу в зависимости от ориентации волокон. Таким образом их можно разделить на три группы: хаотично расположенные, ориентированные в двух направлениях ткани и объемно ориентированные структуры. Все они различаются принципом укладки волокон, их расположением относительно друг друга и предопределяют области, в которых получаемый объект может быть применен.

УУКМ обладает высокими механическими показателями. Достоинствами данного материала являются малая плотность, высокая теплоемкость, сопротивление тепловому удару, эрозии и облучению; сюда же можно добавить стойкость к абляции и устойчивость к воздействию многих кислот. УУКМ обладают низкими коэффициентами линейного расширения и трения. Отдельно выделить стоит высокую коррозионную стойкость, прочность и жесткость.

Говоря же о рабочих температурах, стоит отметить, что для УУКМ это диапазон 2800-3000 °С. То есть данный материал продолжает исправно функционировать без потери в значениях характеристик там, где традиционные конструкционные стали и сплавы полностью теряют свою прочность. Отсюда вытекает одна уникальная особенность материала – увеличение модуля упругости и прочности в два раза при повышении температуры.

Таким образом зафиксировано, что максимальную прочность волокон в УУКМ можно наблюдать при температуре нагрева 1500 °С, а при 2000 °С прочность становится равной тем же значениям, что и при 800 °С, но даже в этом случае данные показатели в 1,3 раза выше, чем при комнатной температуре. Это происходит в связи с изменением структуры компонентов материала в ходе повышения воздействующей температуры.

Так, говоря о перспективных сферах применения УУКМ, можно смело назвать космическую промышленность, а именно изготовление деталей для возвращаемых космических аппаратов; в авиации – для производства монодисков тормозных систем самолетов; в корпусах химической и теплообменной аппаратуры; в газотурбинных двигателях. Отдельно стоит упомянуть атомную промышленность.

В атомной энергетике из УУКМ могут изготавливаться трубы и элементы крепления теплообменников в высокотемпературных атомных реакторах с гелиевым охлаждением. Это обеспечивает инертность углерода к кислотам, высокий диапазон рабочих температур, недоступный для традиционных материалов. Высокая радиационная стойкость и абсолютное превосходство по прочностным характеристикам всех существующих марок реакторных графитов делает перспективным применение УУКМ в узлах активной зоны реакторов.

Говоря же о недостатке УУКМ, а именно сохранении работоспособности в кислой среде лишь до температуры в 773 К, то стоит отметить, что данный аспект возможно нивелировать с помощью силицирования УУКМ карбидом кремния.

Отдельного внимания стоит возможность повышения радиационно-защитных свойств УУКМ путем введения в них таких защитных веществ, как свинец и железо с помощью пропитки с последующей инкапсуляцией пироуглерода на этапе газофазного уплотнения.

Таким образом внедряемые элементы удерживаются в УУКМ при температурах, значительно превышающих их температуры кипения, так для свинца температура кипения составляет 1751 °С, а при нагреве до 1850°С потеря его массы композите составила 1,3%. Для

железа, при его температуре кипения 2872 °С и нагреве до 3000 °С, потеря массы составила 3,8%. Говоря же о радиационно-защитных показателях, то исследования продемонстрировали, что массовые коэффициенты ослабления образцов КМ с внедренными частицами металлов в области низких энергий значительно выше, чем у образцов этих добавок не содержащих.

Таблица 1 – Характеристики УУКМ [4]

Характеристика	УУКМ со свинцом	УУКМ с железом	Чистый УУКМ
Плотность, г/см ³	1,46	1,58	1,41
Открытая пористость, %	11,96	8,7	8,9
Предел прочности при сжатии, МПа	83,54	74,38	93,85
Содержание металла, %	18	7	–
Масса металла в 1 см ³ композита, г	0,17	0,6	–

Отдельного внимания стоит возможность применения УУКМ в ТВЭлах. ТВЭЛ – тепловыделяющий элемент, являющийся главным конструктивным элементом активной зоны ядерного реактора, содержащий ядерное топливо [4]. Он состоит из топливного сердечника, оболочки и установочных деталей. Конструкция таких ТВЭлов определяется конструкцией реактора, т.е. его химическим составом теплоносителя, требованиями к нейтронному потоку, температурными режимами и гидродинамикой.

На сегодняшний день отмечается тенденция к повышенным требованиям физико-механическим свойствам шаровых ТВЭлов. Ужесточаются требования к их стойкости при ударных и сжимающих нагрузках, абразивному износу, теплосменам и т.д.

Традиционный метод получения ТВЭлов, базирующийся на процессах прессования из-за приложения высокого давления, приводит к появлению значительной анизотропии ТВЭлов, что может стать причиной разрушения защитных покрытий микро-ТВЭлов и вызывать технические затруднения в ходе реализации более сложных по конструкции ТВЭлов. Так же низкотемпературная графитизирующая термообработка не дает возможности добиться высоких механических характеристик матричного графита.

Все перечисленные недостатки устраняются использованием УУКМ и внедрением в них графитовых композиций.

Так для ТВЭлов на пироуглеродной связке основной материал представляет собой порошок графита, обладающий необходимой ядерной чистотой и высокой степенью графитизации, а также два типа микро-ТВЭлов: одни с карбидокремниевым покрытием, вторые с пироуглеродным. Далее из данных компонентов получают смесь, служащую основой для формирования сердечников ТВЭлов.

После этого в стальных пресс-формах формируются заготовки оболочек и сердечников шаровых элементов, связывание которых пироуглеродом происходит в специальных формах по 80-128 штук. Такое количество определяется формами ядерной безопасности.

Далее происходит пиролиз при температуре 1100 °С с использованием в качестве углеродсодержащего газа – природный газ.

Так, применение УУКМ в изготовлении шаровых ТВЭлов приводит к повышению качества изделий, устраняет необходимость в их токарной обработке и приводит к практически полному отсутствию отходов графитового порошка.

Таким образом, можно говорить о перспективном и успешном применении УУКМ в сфере атомной энергетики, а именно в устройстве активных частей атомных реакторов, ТВЭлов, труб и элементов крепления теплообменников.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Соколкин Ю.В. «Технология и проектирование углерод-углеродных композитов и конструкций» / Соколкин Ю.В., Ташкинов А.А., Вотинов А.М. – © 2023 Библиотека

2. Головина Е.А. Учебное пособие (Лекционный курс) «Композиционные материалы специального назначения»

3. Гончаров И.Г. «Высокотемпературные радиационно-защитные материалы на основе углерод-углеродных композиционных материалов» / И.Г. Гончаров, А.В. Мазиллов, И.В. Гурин. – Вопросы атомной науки и техники. 2008 № 1 Серия: Вакуум, чистые материалы, сверхпроводники (17), с.173– 174.

4. Гребенник В.Н. «Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы – инновационное направление развития атомной энергетики» / В.Н. Гребенник, Н.Е. Кухаркин, Н.Н. Пономарев-Степной – Энергоатомиздат Москва 2008.

5. Андреева А.В. «Основы физикохимии и технологии композитов» – Издательское предприятие редакции журнала «Радиотехника» Москва 2021.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КУЗОВА ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ F1

Пилюгин Всеволод Егорович, студент кафедры «Современные специальные материалы»,
e-mail: Taos-mak@mail.ru

Научный руководитель – Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент,
e-mail: geab2@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Проанализированы требования к монококу F1, на основе их разработан новый метод получения монококов и создание сэндвич-панели с дополнительным слоем.

Ключевые слова: углеволокно, монокок, алюминиевые соты, эпоксидное связующее, безопасность, формула 1, FIA, прочность

В связи с появлением новых технологий, новых материалов, открытия улучшенных свойств композита, их использования и замена простых материалов. Благодаря новым материалам многие сферы жизни человека открываются с новой стороны, она облегчается, но несмотря на это многие материалы, которые истинно подходят и их свойств с запасом хватит на выполнения поставленных задач, имеют очень высокую стоимость, как правило, все новые виды материалов обходятся очень дорого, хотя существуют такие нишевые рынки, где нет проблем с деньгами, где проблема – это методы их использования, таким рынком можно назвать, гонки формулы 1.

Для болида формулы 1 основным требованием является безопасность, а уже потом скорость, FIA (Federation International Autosport) делает упор на безопасности водителей, поэтому все корпуса для формулы 1 проверяются по стандартам FIA, используются методы как компьютерного моделирования и испытания компьютерной модели в различных условиях, так и макетного краш – теста. Исходя из стандартов FIA были выведены основные постулаты, которые производители должны соблюдать, чтобы их монокок прошел проверку и был допущен к гонкам формулы 1, но стандарты FIA не идеальны и гонщики формулы 1 до сих пор получают тяжелейшие травмы, а иногда происходят случаи с летальным исходом.

Сами монококи производятся, по стандартам FIA, из сэндвич-панелей, а сами панели производятся 12 слоев препрега из углеволокна, так как оно прочнее стали, но в то же время легче неё, а также используются алюминиевые соты, которые также способны повышать жесткость всей сэндвич-панели. После изготовления 12 препрегов их располагают в определенной последовательности 6 слоёв снизу, 6 слоёв сверху, а между ними прослойка из алюминиевых сот. Затем вся скорлупа нагревается в автоклаве, гигантской печи, под отрицательным давлением. Через два с половиной часа скорлупа затвердевает, но все равно процедуру выпекания повторяют еще дважды. В результате монококки достаточно прочны, чтобы защитить водителей даже в самых серьезных авариях. Но перед тем как начать производство

монокока, делают эскиз модели в САПР-программах и проводят виртуальные испытания, если монокок прошёл, то начинают производство.

В соответствии с руководящими принципами ФОРМУЛЫ-1 FIA, монокок проверяется на прочность и жесткость с помощью нескольких тестов. В реальном мире эти тесты проводятся в присутствии технического делегата FIA, который измеряет результаты с помощью оборудования, проверенного FIA. Для того чтобы пройти эти испытания, ожидается, что монокок не покажет структурных повреждений своих внутренних или внешних слоев.

Производят несколько стандартных тестов с 3D-моделями, для выяснения прочностных качеств. Прodelьвают данные виды тестирования: тест на выдерживание нагрузок с боковых частей, испытание топливного бака, граничные условия, приложение нагрузки с использованием метода деформируемого нагружения.

Разработанный способ заключается в том, чтобы изменить угол выкладки на 90° тем самым повысить прочностные свойства монокока. Но также допускается, что свойства могут стать хуже.

Также используется способ увеличения слоёв для упрочнения готового изделия, по средству использования многослойного композита. Главным условием неизменно остаётся безопасность, но также надо не сильно увеличить вес автомобиля, для этого используется наслаивание дополнительного слоя на верхний участок сэндвич-панели.

Из испытания препреги была выявлена определённая закономерность, связанная с тем что при изменении угла армирования модуль упругости, который отвечает за способность волокна упруго деформироваться, изменился в диаметрально противоположную сторону, коэффициент Пуассона, отвечающий за упругие свойства материала, стал меньше у продольно-поперечного, но выше в продольно-сдвиговой и поперечно-сдвиговой.

Деформация матрицы и волокна стала больше после изменения угла армирования, материал потерял в жесткости, но стала более пластичным в продольном направлении (рис 1) и менее пластичным, но более жестким в продольном направлении (рис 2).

Модуль упругости в продольном направлении	291,0	ГПа
Модуль упругости в поперечном направлении	5,07	ГПа
Коэффициент Пуассона продольно-поперечный	0,2125	
Коэффициент Пуассона продольно-сдвиговой	0,0	
Коэффициент Пуассона поперечно-сдвиговой	0,0	

Рисунок 1 – Угол выкладки 0°

Модуль упругости в продольном направлении	5,07	ГПа
Модуль упругости в поперечном направлении	291,0	ГПа
Коэффициент Пуассона продольно-поперечный	3,702E-03	
Коэффициент Пуассона продольно-сдвиговой	7,39E-16	
Коэффициент Пуассона поперечно-сдвиговой	1,398E-13	

Рисунок 2 – Угол выкладки 90°

Исходя из контроля качества монокок показал себя хорошо, под нагрузками свыше 100 кг монокок выдерживает и не разрушается, тем самым являясь безопасным. При столкновении водитель может и вовсе не пострадать, а получить несерьёзный ушиб, тем самым остаться в живых и не стать инвалидом, данная технология позволяет сделать монокок ещё более безопасным и не потерять в скорости.

Данный техпроцесс можно считать успешным и довольно актуальным, повышая безопасность водителя и можно предположить, что от лёгкого столкновения машина не перевернётся или её не занесёт, так как импульс переданный ей может быть поглощён, а разрушение может пойти по слоям, но сам композит продолжит работу, и не нанесёт сильных увечий водителю.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Studlife.net [Электронный ресурс]: Россия 2022. URL: <https://studfile.net/preview/7048224/page:7/> дата обращения (27.03.2023)
2. Дж. Савадж Разработка композитных материалов Формулы-1. – Великобритания: Изд-во ScienceDirect 2010 – 352 с.
3. Racecar-Engineeng.com [Электронный ресурс]: Великобритания 1990-2022. URL: <https://www.racecar-engineering.com/> дата обращения (25.03.2023)
4. Media.Mercedes-Benz.com [Электронный ресурс]: Германия 2022. URL: <https://media.mercedes-benz.com/article/95002cb8-fdee-4190-82fb-c2b00feaf8db/> дата обращения (02.04.2023)

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ЭПОКСИПЛАСТИКОВ И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Платонов Александр Евгеньевич, студент кафедры «Современные специальные материалы»,
e-mail:sach200107@mail.ru

Научный руководитель – Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Проанализированы проблемы, существующие в настоящее время, с утилизацией отходов, полученных в результате эксплуатации изделий, состоящих из композитных материалов. Приведен метод использования вторичного сырья, полученного в результате разработанного технологического процесса переработки эпоксипластиков. Получены выводы о возможности использования вторичного сырья в качестве дисперсного наполнителя, для улучшения механических характеристик получаемого изделия.

Ключевые слова: рециклинг отходов, дисперсный наполнитель, переработка, разработка технологического процесса, улучшение механических свойств.

История эпоксипластика берет свое начало со второй половины XX века. Его предисторией является открытие эпоксидной смолы в 1936 году швейцарским химиком Кастаном. Это позволило изготавливать различные виды клея, пластмасс, а также пластиков, имеющих разные наполнители. Также, эпоксидная смола является универсальным связующим и в сочетании с различными наполнителями мы можем получить необходимый композит, обладающий уникальными свойствами.

Однако, есть и обратная сторона медали. Ввиду своих преимуществ эпоксипластики являются реактопластами, поэтому готовые изделия являются неплавкими и нерастворимыми. Это послужило идее разработки технологического процесса, при котором полученные отходы будут использоваться в качестве вторичного сырья, так как при сжигании или закапывании происходит загрязнение атмосферы. Особенно это актуально в настоящее время, ведь чем дальше человечество развивается, тем больше отходов будет образовываться в результате жизнедеятельности.

Процесс переработки включает в себя несколько этапов: В первую очередь происходит сортировка по категориям, после чего отправляются на переработку. Переработка является следующим этапом, благодаря чему мы получаем новый переработанный материал. Конечным этапом является выпуск готовой продукции и реализация его в производстве для конечного потребителя. Три последующие друг за другом этапа символизируются зелеными стрелочками (рисунок 1).



Рисунок 1 – Рисунок рециклинга отходов

Для оценки значимости рециклинга учеными была выдвинута теория критериев о целесообразности переработки для экономической эффективности и предотвращения загрязнения экосистемы. Для этого используется понятие индекса эффективности рециклинга (I_{er}):

$$I_{er} = F(E, E_c, M) \rightarrow 1,0,$$

где I_{er} – индекс эффективности рециклинга;

E – показатель экономической эффективности рециклинга;

E_c – показатель экологической значимости рециклинга;

M – показатель относительного объема предполагаемого рециклинга.

Чем больше число I_{er} , тем эффективнее рециклинг. Индекс находится в пределах от 0,001 до 1,0.

Таким образом, в составе экономики отображается эффективность процесса переработки, а в экологической, предотвращение негативного воздействия отходов, но так как полное предотвращение невозможно, рассматривается уменьшения наносимого экологического вреда. Так же учитывается степень самоликвидации отходов (разложения) и количественное содержание на территории планеты.

Проблема переработки в нынешнее время заключается в достаточно низком процентном соотношении используемого вторичного сырья. (от 4 до 7%). Большинство отходов закапывается в землю или сжигается, что негативно сказывается на окружающей среде. Необходимо совершенствовать способы переработки и расширить диапазон для применения вторичного сырья.

Как озвучивалось ранее, ввиду неплавкости и нерастворимости изделий на основе эпоксидной смолы, был приведен пример переработки эпоксипластика методом перетирания в порошок. На предприятиях данный метод возможно осуществить, используя шаровые мельницы.

Суть метода заключается в дальнейшем использовании готового вторичного сырья в качестве дисперсного наполнителя или для модификации изделий. Для наилучшего заполнения пустот, частицы необходимо применять разных фракций, получить которые можно методом ситового анализа. Благодаря данному методу, кроме экономии ресурсов и уменьшению выбросов отходов в окружающую среду, мы так же можем повысить такие механические свойства как прочность при изгибе, твердость, а благодаря модификации и трещиностойкость готовых изделий.

Таким образом, используя отходы методом использования рециклинга, можно экономить материалы высокого качества. Проблемой задействования вторичного сырья в настоящее время является дороговизна и сложность переработки некоторых отходов таких как пластики, полимеры и т.д. Лишь маленький процент используется в промышленности по сравнению с выбрасываемым.

При разработке путей решения утилизации отходов, полученных в результате эксплуатации эпоксипластиков, был разработан технологический процесс переработки, методом перетирания в порошок. Полученное вторичное сырье должно использоваться в качестве наполнителя для эпоксидной смолы. Данный метод позволит в большей степени задейство-

вать вторичное сырье, с целью экономии средств и ресурсов, а также для сокращения выбрасываемых отходов, тем самым нанесения меньшего урока окружающей нас среде.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Официальный сайт компании ООО «Эко Градь» © 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://musor24.com/about/article/retsikling-othodov/>
2. Конкин А.А. Углеродные и другие жаростойкие волокнистые материалы. – М.: Химия, 1974. – 376 с.
3. Композиционные материалы: Справочник /Под ред. В.В. Васильева и Ю.М. Тарнопольского. - М.: Машиностроение, 1990. - 512 с.
4. Воробьев А. Эпоксидные смолы // Компоненты и технологии – 2003.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ БРОНИ С КЕРАМИЧЕСКИМ ЛИЦЕВЫМ СЛОЕМ И ПОДЛОЖКОЙ ИЗ АРМИРОВАННОГО ПЛАСТИКА

Полянский Егор Дмитриевич, студент кафедры «Современные специальные материалы»,
e-mail: a69a60@mail.ru

Научные руководители – Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail: gea62@yandex.ru

Маркин Виктор Борисович, д.т.н., профессор, e-mail: mvb1942@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Для проектирования комбинированной брони были рассмотрены технические требования к данным материалам, методика их формирования. Создания композитной брони с керамическим лицевым слоем обладает лучшими свойственными характеристиками, уменьшает затраты для изготовления и саму стоимость брони.

Ключевые слова: комбинированная броня, стеклотекстолит, баллистические параметры, керамический слой.

Комбинированная броня является усовершенствованным аналог старых советских броней, эксплуатируемых со времен 1950-х годов. Причины создания такой брони послужило постоянное использование кумулятивных снарядов, которые имели широкое развитие и применения в эти года.

Самыми важными требованиями к комбинированным броням на разной военной техники являются выдерживание баллистических нагрузок разных снарядов (V_{50}). Исходя из требований выдерживание снарядов мы должны определить состав композитной брони, ее толщину и угол наклона, вид соединения основного и начального элементов. В моем случаи был взят керамический слой со стеклотекстолитом.

Для изготовления брони было решено использовать стеклоткань марки Т-10, за счет сбалансированной прочности и относительно небольшой плотности, что позволит выдерживать как выстрел автомата, так и выстрел орудия малого калибра. В качестве связующего было выбрано эпоксидное связующее ЭД-22 так как в отличии от других марок она имеет меньшее количество летучих веществ и низкую вязкость при увеличении количества активных эпоксидных групп, также оно обладает пониженной горючестью и дымовыделением. В качестве отвердителя был выбран отвердитель ТЭТА.

Керамический слой является основным слоем сдерживания снаряда. Использование керамического слоя является уникальным способом уменьшение массы танка. Само керамическое изделие изготавливается на основе корунда Al_2O_3 . Характеристики данной керамики представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика лицевого слоя

Керамика	Плотность, г/см ³	Скорость звука км/с	Динамический модуль упругости, ГПа	Предел прочности при изгибе, МПа	Предельная деформация, м/м *10 ⁻⁴	Статический модуль упругости, ГПа	Твердость (HRA)
Al ₂ O ₃	3,85	9,5	345	190	5,5	350	89

Стеклотекстолит является популярным препрегом, использованный в области танкостроения за счет требуемой плотности и твердости. Склей стеклотканей в препреге осуществляется за счет использования клея БФ-2. Преимуществом такого клея является сдерживание материалов при повышенных температурах до 80 градусов. При выборе стеклоткани в препрег, в первую очередь смотрят соотношение плотности и прочности.

Оптимальными характеристиками служит стеклоткань Т-10 с характеристиками представленный в таблице 2.

Таблица 2 – Механические характеристики стекловолкнаТ-10.

Толщина стеклоткани, мм	Плотность стеклоткани, г/м ³	Модуль упругости E, ГПа	Временное сопротивление, σ _в , ГПа	Относительное удлинение при разрыве %
0,23± 0,02	290±7	80	3,5	3,6

После выборов всех материалов проектирование, мы должны узнать толщины каждого слоя стеклотекстолита, а также керамического слоя. Главным факторов определения является определение стандартного определения V₅₀ (баллистический предел преграды, скорость пули при которой половина пуль останавливается, половина пробивает преграду).

Значение V₅₀ определяется в виртуальных моделировании. На рисунке 1 представлен результат определения коэффициента стандартного отклонения с последующим подбором толщин керамического слоя и стеклотекстолита. При определении толщин нам необходимо задать параметры максимального снаряда, представленный в таблице 3, при котором происходит выдерживание брони.

После проведения опыта мы определили значение толщин. Общий толщина танка составляет 185 мм, из них 100 мм – керамический слой, 85 мм – стеклотекстолит.

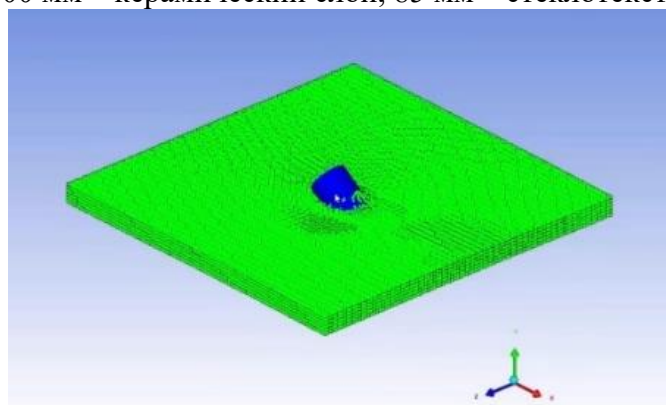


Рисунок 1 – Определние значение V₅₀

После определения всех толщин и составом материалов происходит сборка изделий и

постановки брони под нужным углом наклона. Угол наклона определяется в зависимости от от требуемых параметров защиты. На рисунке 2 представлена зависимость брони от угла наклона. Угол можно определить по формуле

$$x \cdot \frac{1}{\cos y} = Z,$$

где x – толщина листа в момент попадания, y – угол к нормали, Z – общая толщина брони.

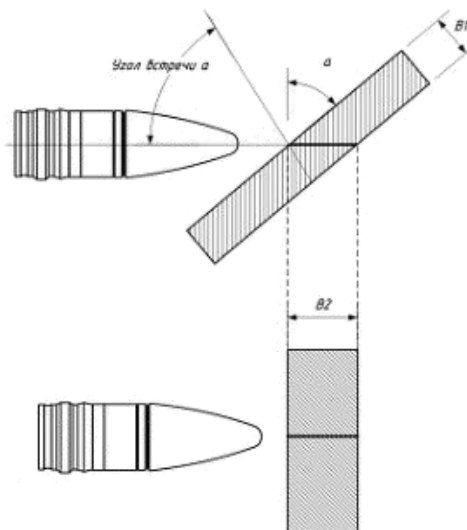


Рисунок 2 – Зависимость угла наклона

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Борисюк М. Изделия, разработанные ХКМБ. — Харьков, ХКБМ, 2002.
2. М.В. Павлова и И.В. Павлова «Отечественные бронированные машины 1945-1965» - ТиВ №3 2009.
3. Официальный сайт Министерства обороны РФ 2023. [Электронный ресурс]. URL: https://function.mil.ru/news_page/country/more.htm?id=12387445@egNews.
4. Анискович В.А. Научно-технологические аспекты создания комбинированной полимеркерамической брони. М.: Спектр, 2015. 75 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОБРОНИ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сибиряков Михаил Сергеевич, студент кафедры «Современные специальные материалы»,
e-mail: mishailrussian@gmail.com

Научный руководитель – Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail: gea62@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Показаны возможности применения композиционных материалов для создания современной автоброни для защиты от всевозможных преград и помощью метода вакуумной формовки, а также дальнейшего остывания при эластичной диафрагме, чётко выражающей контуры детали, за счёт чего получается максимальное уплотнение, исчезают пустоты и удаляются остатки смолы. История начала автоброни и почему она стала востребованной в СНГ. Её преимущества перед, классической стальной.

Ключевые слова: автоброня, композитная защита, защита картера, формование с помощью эластичной диафрагмы.

Для создания автоброни было выбрано вакуумное формование. Процесс включает послойную укладку пропитанных связующим армирующих слоев в полость формы, как при контактном формовании, однако, существуют отличия, связанные с удалением избытка связующего и закладка пакета под эластичную диафрагму. Заложка пакета под эластичную диафрагму является отличительной чертой данного техпроцесса [2].

В технологических процессах формования полимерных композитных материалов

применяются эластичные диафрагмы, которые изготавливаются из силиконового каучука, обеспечивающего нужный уровень эластичности и герметичности. Процесс формования основан на создании герметичной полости между диафрагмой и формующим элементом, в которой происходит откачивание воздуха, создавая перепад давления и обеспечивая прижим полимерного композита к жесткой форме, чтобы получить изделия соответствующей конфигурации [5]. В процессе вакуумного формования изделие точно повторяет рельеф поверхности форм, на которых они формовались. В результате можно получать изделия высокого качества, которые не имеют пустот и избытка смолы.

Уплотнение материала достигается путем вакуумирования слоев пластика в процессе его отверждения. Отверждение композиции осуществляется в вакуумной мешке при комнатной температуре, либо при нагревании воздухом или жидкостями. При отверждении необходимо тщательно контролировать давление и температуру, избегая образования пузырей в материале. Технологические отверстия используются для вывода летучих побочных продуктов реакции и захваченного воздуха из реакционного объема.

В некоторых случаях отверждение композитов при вакуумном формовании может происходить при комнатной температуре с использованием воздушных сушилок, сушильных установок с инфракрасными нагревателями и конвекционных сушилок пассивного типа. Формирование ПКМ с использованием эластичной диафрагмы может включать этап отверждения связующего при повышенных температурах, поэтому соотношение температурных коэффициентов линейного расширения формируемого композита и материала формы должно быть соизмеримо, чтобы избежать коробления изделия (для изготовления форм применяют сталь, керамику, алюминий, никель и чугун) [1, 4].

Среди трех методов формования с эластичной диафрагмой вакуумный способ имеет наименьшие ограничения по размеру конечного изделия.

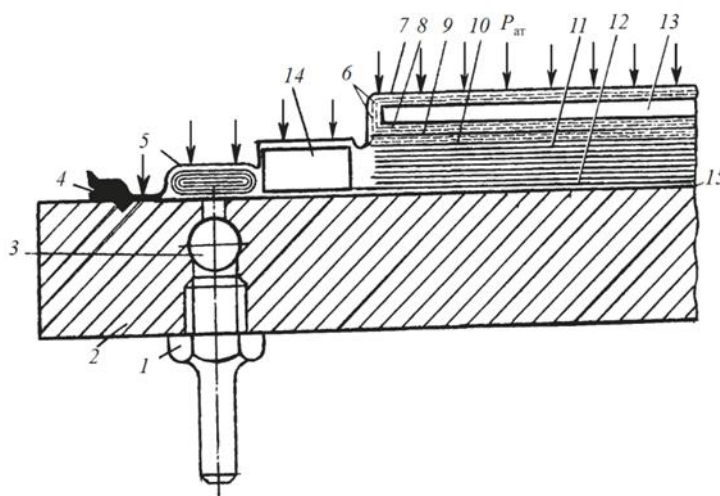


Рисунок 1 – Вакуумное формование с эластичной диафрагмой [4]: 1 – штуцер для присоединения вакуума; 2 – плита формы; 3 – коллектор для удаления воздуха; 4 – уплотнение диафрагмы; 5 – боковое выпускное отверстие; 6 – слой с вентиляционными отверстиями; 7 – диафрагма; 8 – перфорированные слои; 9 – впитывающие слои; 10 – разделительная ткань; 11 – слоистый пластик; 12 – внешний слой; 13 – промежуточная плита; 14 – эластичная перегородка; 15 – выбрасываемый слой

Для формования изделий с использованием эластичной диафрагмы требуются индивидуальные подходы к выбору давления в зависимости от конфигурации изделия: для плоских листов достаточно около 1 МПа, но для изделий более сложной формы могут потребоваться давления вплоть до 5-10 МПа. Кроме того, оптимальная температура и время термообработки зависят от используемой полимерной системы.

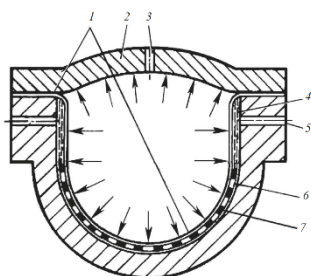


Рисунок 2 – Формование с эластичной диафрагмой под давлением [4]: 1 – эластичная диафрагма; 2 – крышка формы; 3 – канал для подачи сжатого газа; 4 – боковое выпускное отверстие; 5 – канал для соединения с атмосферой или вакуумом; 6 – композиционный материал; 7 – вертикальное выпускное отверстие

После процесса формования изделие извлекается из формы и подвергается механической обработке. В некоторых случаях может потребоваться дополнительная термообработка изделия в специальной термокамере.

При производстве композитных материалов применяются полимерные матрицы на основе термопластичных или терморезактивных (эпоксидных, ненасыщенных полиэфирных, поливиниловых эфиров, полиимидов) смол. Для улучшения адгезии с терморезактивными смолами арамидные, углеродные, борные и стекловолокна подвергаются поверхностной обработки. Термопластичные полимеры используются реже, чем терморезактивные смолы, хотя препреги на основе термопластов обладают преимуществом – неограниченный срок годности при хранении, быстрый переход в расплавленное состояние и практически неизменные свойства при повышенных температурах вне зависимости от влажности.

В целом, метод формования с эластичной диафрагмой является эффективным и надежным, но его недостаток заключается в низкой производительности, обусловленной многоступенчатым процессом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Химическая технология стекла и ситаллов // Под ред. Н.М. Павлушкина, М., Стойиздат, 1983, 432 с.
2. Физико-химические основы производства оптического стекла // Под ред. Л.И. Демкиной, «Химия», Ленинград, 1976, с.162-163.
3. Глебов Л.Б., Державин С.Н., Евстропьев С.К., Никоноров Н.В., Влияние диффузионных напряжений на свойства ионообменных слоев на щелочноцирконосиликатных стеклах, 1991, т.17, №2, с.293-298.
4. Стекла, упрочненные для защитных очков // ТУ 21-РСФСР-14, Технические характеристики
5. Бургграф А. Механическая прочность щелочно-алюмосиликатных стекол после ионного обмена, М., Мир. 1969. с238-339.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ МАГНИТОВОСПРИИМЧИВОГО ВОЛОКНА В ВЯЗКОЙ СРЕДЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Смирнов Александр Викторович, студент кафедры «Современные специальные материалы»,
e-mail:ultrahardbasser1337@yandex.ru

Научные руководители - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru

Маркин Виктор Борисович, д.т.н., профессор, e-mail:mvb1942@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Проанализированы текущие исследования в сфере ориентации волокон, выбраны и модернизированы базовые уравнения, регулирующие динамику тел в вязкой среде под действием внешних сил, получена обобщен-

ная модель поведения цилиндра в среде, обладающей вязкостью при воздействии на цилиндр магнитных полей.

Ключевые слова: магнитодинамика, рубленные волокна, композиционные материалы, математическое моделирование.

Введение

Развитие композиционных материалов как отдельной научной сферы достигло такой точки, что банальные исследования, основывающиеся на методе «черного ящика» столь редки, сколь и (чаще всего) бессмысленны, текущие требования к классу КМ требуют не только гарантию результатов, но и оптимальность свойств. Класс конструктивных КМ обладает рядом требований к жесткости и прочности материала и их оптимальность – текущая задача современного материаловедения в области ПКМ. Если вопрос жесткости четко определяется жесткостью волокна и направлением их укладки, то прочность, связанная с сложным понятием прочности, должна быть реализована максимально эффективно (а следовательно, оптимальна в зависимости от прогнозируемых направлений распространения напряжений), эффективность реализации прочности материала можно представить как отношение напряжения внутри тела и прочности материала, причем максимальным значением, к которому следует стремиться при оптимизации механических свойств материала является единица [1]. Если применить современные методы расчета значений напряжений в теле изделия, то можно с необходимой точностью локализовать максимальные и средние напряжения, выяснить направление их распространения и формы, которые напряжение будет принимать в процессе распространения, остается только соответственно направить волокна таким образом, чтобы они соответствовали направлению вектора в поле напряжений изделия конечной картины напряженно-деформированного состояния, так образуется задача ориентации волокон таким образом, чтобы в каждом слое изделия волокна ориентировались под заданным, наиболее оптимальным, углом, что требует во-первых дискретизации волокон, а во-вторых возможности воздействия. Идея ориентации рубленных волокон не нова [2-3], однако либо используются очень дорогостоящие методы ориентации, либо используются волокна, непредназначенные для полимерных аддитивных технологий (которые необходимы для послойного построения детали и удовлетворяют критерию скорости отверждения для неспособности волокон разориентироваться или осесть).

Постановка задачи

Предположим, в вязкой среде имеется цилиндр, находящийся в покое, концы которого состоят из магнитовосприимчивого материала, на концы цилиндра попеременно действует магнитное поле таким образом, чтобы вращать его вокруг оси, перпендикулярной оси симметрии цилиндра, находящейся в геометрическом центре волокна. Сделаем некоторые допущения: уберем из задачи тело волокна кроме магнитовосприимчивых (далее - МВ) концов, плотность МВ концов принимается равной плотности волокна, оставим один МВ конец в виде короткого цилиндра, ось вращения оставив на месте (т.е. за пределами конца - в фантомном теле изначального волокна). Система координат будет представлена следующим образом: x-ось направлена по направлению движения цилиндра, y-ось перпендикулярна x и лежит в плоскости вращения цилиндра, а z-ось перпендикулярна этой плоскости и направлена вверх.

Составление модели

Стоит начать с определения законов движения в выбранных координатах: очевидно, что движение в такой системе стоит описывать при помощи закона сохранения момента импульса: момент сил, действующих на систему, равен скорости изменения момента импульса системы:

$$\frac{dL}{dt} = \sum M$$

Запишем момент сил, действующих на цилиндр: момент сил трения о среду, в которой вращается цилиндр (вязкая среда неотвержденной смолы) и момент сил магнитного поля, действующего на цилиндр, соответственно, направленного в противоположную сторону:

$$M = M_{\text{тр}} + M_{\text{МП}},$$

где $M_{\text{тр}}$ – момент сил трения; $M_{\text{МП}}$ – момент сил магнитного поля.

Влияние силы тяжести и силы Архимеда игнорируется, т.к. предполагается, что отверждение начнется сразу после ориентации волокна, а плотность волокна сопоставима с плотностью среды, кроме того, обладает слишком низкой массой, чтобы стремительно осесть.

Чтобы определить момент сил трения в текущей задаче используем закон вязкого трения Навье-Стокса:

$$M_{\text{тр}} = -\eta \iiint_V (\nabla \times v) \cdot n dV,$$

где η – коэффициент вязкости; v – скорость жидкости; V – объем цилиндра. Получается выражение через интеграл от поперечного векторного произведения вектора скорости на вихревую скорость и нормаль к поверхности цилиндра.

Частным решением в цилиндрических координатах этого уравнения для текущей задачи является следующее выражение:

$$M_{\text{тр}} = -\pi R^2 \eta \frac{d\theta}{dt}$$

Выразим момент сил магнитного поля при помощи закона Фарадея:

$$M_{\text{МП}} = m_m \times B,$$

где m_m – магнитный момент; B – магнитное поле.

Тогда решением такой задачи в цилиндрических координатах будет следующее выражение:

$$M_{\text{МП}} = \frac{B}{2\mu_0} \pi R \frac{d^2\theta}{dz^2},$$

где μ_0 – константа магнитной проницаемости в вакууме.

Возвращаясь к уравнению описания движения:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{1}{I} \sum_{i=1}^2 (r_i \times F_i) \cdot n_i,$$

где θ – угол поворота; I – момент инерции цилиндра; r_i – радиус-вектор точки приложения i -ой силы; F_i – i -ая сила; n_i – единичный вектор нормали к плоскости, содержащей r_i и ось вращения цилиндра.

Решив полученное уравнение относительно угла поворота, получаем следующее уравнение:

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} = M_{\text{тр}} + M_{\text{МП}}$$

Сумма моментов равна произведению момента инерции на угловое ускорение.

Подставив предыдущие выводы в полученное уравнение, получаем уравнение, описывающее движение цилиндра в жидкости под влиянием магнитного поля:

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{B}{2\mu_0} \pi R \frac{d^2\theta}{dz^2} - \pi R^2 \eta \frac{d\theta}{dt}.$$

На основе этого уравнения образуется окно возможности для поиска оптимальных параметров волокна и сил, действующих на него для поворота на определенный градус, принимая во внимание то, что волокно – это цилиндр, а цилиндр обладает зеркальной симметрией относительно плоскости, проведенной через ось симметрии цилиндра, то поворот более чем на 90° не предусмотрен, можно поставить определенные ограничения для этого моделирования.

Заключение

В текущей работе была получена модель движения одного конца рассматриваемого волокна под действием магнитных сил. Чтобы получить конечное уравнение потребовалось

провести ряд математических действий, основанных на уравнениях Навье-Стокса и Фарадея, а также на базе закона сохранения импульса. Были проанализированы свойства магнитовосприимчивого цилиндра в вязкой среде.

С помощью аналитических методов было изучено влияние магнитного поля на рубленое волокно, обладающее магнитовосприимчивыми концами в среде смолы, были получены результаты промежуточных расчетов, которые являются составляющими элементами итогового уравнения.

Такая база может способствовать поиску оптимальных параметров воздействия на волокно, а также параметров самого волокна – его длина, площадь нанесенного магнитовосприимчивого покрытия и прочие близкие параметры, которые могут варьироваться как в зависимости от целевой функции оптимизации, так и отталкиваясь от конструкторско-технологических требований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ананьева Е.С. Механика композиционных материалов. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. – 34 с.
2. V. S. Sutariya, A. R. Patel, S. K. Nayak, R. K. Gupta, and A. B. Patel, "Ultrasonic Processing: A Novel Method for Alignment of Short Carbon Fiber Reinforced Polymers" Journal of Applied Polymer Science, vol. 137, no. 9, 2019. – 14-16 с.
3. C. Y. Wang, J. Y. Huang, and Y. T. Shen, "Electrostatic Alignment of Short Carbon Fiber Reinforced Thermoplastic Composites" Composites Science and Technology, vol. 68, no. 7-8, pp. 1877-1882, 2008– 12-14 с.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СКОРОСТЬ ОТВЕРЖДЕНИЯ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ткаченко Валерий Владимирович, студент кафедры «Современные специальные материалы», e-mail:tkachenkorus489@gmail.com

Научный руководитель – Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail: gea62@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Проанализировано влияние ультрафиолетового излучения на скорость отверждения и механические свойства полимерных композиционных материалов. Приведен механизм протекания отверждения полимеров. Получены выводы об эффективности влияния ультрафиолетового излучения в качестве метода отверждения полимерных композиционных материалов, выявлено влияние предложенного способа отверждения на скорость отверждения и механические свойства стеклопластика.

Ключевые слова: реактопласт, отверждение, ультрафиолетовое излучение, скорость отверждения, механические свойства, полимеризация, сшивание мономеров.

Использование полимерных композиционных материалов в настоящее время приобрело большую популярность. Не секрет, что композиты обладают рядом уникальных свойств, за счет которых с каждым годом они становятся все популярней в различных отраслях промышленности. Доминирующую позицию производимых композиционных материалов занимают материалы, в которых в качестве связующего используется реактопластичный полимер. Благодаря своим универсальным свойствам композиты, матрицей которых является термореактивный полимер, занимают более чем 70 % долю от всех производимых полимерных композитов [1].

Для ученых материаловедов, занимающихся разработкой перспективно новых композитов, и для технологов, занимающихся их производством известно, что так называемые совершенные материалы, которые представляют собой материалы из двух фаз (связующее и армирующий наполнитель) и границы раздела, не реализуют полностью свой потенциал ме-

ханических свойств. Связано это с тем, что связующее не может в полной мере реализовать весь потенциал армирующих компонентов. Поэтому в настоящее время разрабатываются методы модификации связующего. Применение различного рода физического воздействия на будущий композиционный материал, какими является воздействие электрического или магнитного поля, вибрационное воздействие или же ультрафиолетовое излучение, являются наиболее перспективными направлениями физической модификации реактопласта в связи с экономичностью и высокоэффективностью данных методов [2].

Выбор метода модификации определяется различными факторами, в числе которых, строением реактопласта, экономичность метода, а также конечный результат. При использовании методов физической модификации материала, в полимерах протекают структурные превращения, которые и влияют на конечные свойства изготавливаемого продукта. Физический метод модификации за счет обработки полимера ультрафиолетовым излучением является наиболее эффективным вариантом для получения композита с улучшенными прочностными характеристиками.

При обсуждении темы химии процесса отверждаемости смол, важно затронуть вопрос, связанный с механизмом, по которому происходит отверждение смеси. Отверждение вещества под действием ультрафиолетового излучения представляет собой химический процесс, при котором происходит полимеризация мономеров в силу чувствительности фотоинициатора, находящегося в смеси мономеров, к падающему на них излучению. Так при попадании световой энергии вызванной излучением ультрафиолета, фотоинициаторы распадаются на свободные радикалы, обладающие высокой энергией, и в процессе перемещения они сталкиваются с мономерами, что и инициирует сшивание мономеров между собой [3].

В этой области ученые постоянно проводят исследования. На сегодняшний день произведено большое количество работ, связанных с этой областью, к числу которых относятся исследования группы ученых под руководством И. В. Черемухиной, которые в своей работе «Применение различных физических обработок в технологии наполненных реактопластов» осветили влияние ультрафиолетового излучения на скорость отверждения и механические свойства эпоксидного связующего. Как утверждают И. В. Черемухина и ее коллеги «Все физико-механические свойства образцов полимерных композиционных материалов, подвергнутых ультрафиолетовому излучению, выше вследствие более высокой степени превращения...»

Также ученые утверждают, что ультрафиолетовое излучение возможно использовать на разных стадиях образования полимера. Так при использовании физической модификации на начальной стадии отверждения растет вероятность образования линейных продуктов, а при глубоком отверждении из линейных блоков формируется сетчатая структура, вследствие чего можно сказать, что во всех случаях наблюдается увеличение предельной достигаемой степени превращения [4].

А. Б. Мурадов в своей работе «Технология модификации ультрафиолетовым излучением армированных реактопластов» исследовал влияние ультрафиолетового излучения с длиной волны 253,7 нм и облучаемостью не менее 0,75 Вт/м² при отверждении эпоксидной смолы ЭД-20 с отвердителем холодного отверждения полиэтиленполиамином (ПЭПА) наполненной полиакрилонитрильными (ПАН) и вязкими нитями (ВН). Так в своих трудах А. Б. Мурадов утверждает, что микропластики наполненные полиакрилонитрильными нитями при варьировании температуры отверждения от 30 °С до 70 °С при облучении ультрафиолетом увеличивается степень превращения при любой температуре и времени облучения. Однако для образцов микропластика наполненных вязкими нитями, при непродолжительном облучении ультрафиолетом (до 7 минут) степень превращения меньше, чем у не облученных образцов. Также исследователь выявил влияние ультрафиолетового излучения при отверждении образцов микропластиков на механические характеристики [2].

Таблица 1 – Зависимость разрушающего напряжения при разрыве образцов микропластиков с ПАН и ВН от продолжительности УФ-облучения [2]

Наполнитель	Время, мин	Прочность при разрыве УФИ, МПа	Прочность при разрыве с УФИ, МПа	Разница прочности при разрыве С УФИ и без УФИ, %
ПАН	0	261	-	-
ВН		300	-	-
ПАН	15	-	290	+10
ВН		-	344	+13
ПАН	30	-	280	+7
ВН		-	380	+21
ПАН	45	-	300	+13
ВН		-	370	+19
ПАН	60	-	290	+10
ВН		-	400	+25

Из данных, представленных в таблице 1, видно, что ультрафиолетовое воздействие на образцы микропластиков влияет неоднозначно. Так для армированных полиакрилонитрильными нитями полимерные композиционные материалы при физической модификации в процессе отверждения улучшают показатель прочности при разрыве, при этом рост показателя увеличивается практически линейно с ростом времени ультрафиолетового воздействия.

Однако микропластики, в которых армирующим компонентом является вискозная нить, также приобретают улучшенный показатель прочности при разрыве при воздействии ультрафиолета, но наивысшее значение механического свойства достигается при 15 и 60 минутном воздействии. Замедление отверждения в интервале времени от 30 до 45 минут свидетельствует об ускорении процесса линейного роста полимерных цепей и об увеличении средней массы межузловых цепей получаемого сетчатого полимера, а ускорение отверждения – соответственно об ускорении процесса ветвления полимерных цепей и об уменьшении средней массы межузловых цепей в сетчатом продукте. Из полученных результатов следует, что все физико-механические характеристики образцов ПКМ, подвергнутых УФИ, выше вследствие более высокой степени превращения и однородности структуры образцов ПКМ.

Таким образом, можно установить, что использование ультрафиолетового излучения в качестве физического метода модификации эпоксидных реактопластов, в значительной мере влияет на скорость отверждения и механические свойства конечного продукта. При этом ультрафиолетовое излучение можно использовать как на начальной стадии отверждения, так и в глубоком отверждении. Также установлено, что скорость отверждения и механические свойства полимерных композиционных материалов, отвержденных ультрафиолетовым излучением, в большой мере зависит не только от природы полимера, времени воздействия источника излучения и температуры отверждения, но также и от природы армирующего наполнителя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Композитный мир [Электронный ресурс]: [официальный сайт] Москва 2020–2023. URL: <https://compositeworld.ru/articles/tech/id61c2dcfb8606de0019d92093?ysclid=lgbu2xqqi0867482249> (дата обращения 25.03.2023).
2. Мурадов А.Б. Технология модификации ультрафиолетовым излучением армированных реактопластов. – Саратов: Изд-во СГТУ, 2007. – 6–12 с.
3. Спектр [Электронный ресурс]: [официальный сайт] Москва 2009–2023. URL: <https://nipg.ru/en/stati/uf-polimerizatsiya> (дата обращения 02.04.2023).
4. КиберЛенинка. [Электронный ресурс]: [официальный сайт] Берлин 2011–2023. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-razlichnyh-fizicheskikh-obrabotok-v-tehnologii-napolnennyh-reaktoplastov/viewer> (дата обращения 05.04.2023).

САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕСЯ МАТЕРИАЛЫ И ПОКРЫТИЯ

Черенков Егор Дмитриевич, студент кафедры «Современные специальные материалы»,
e-mail: eess2000@mail.ru

Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail: gea62@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе будут рассмотрены вопросы, связанные с одним из перспективных направлений в материаловедении – самовосстанавливающимися композиционными материалами. Рассмотрены физические процессы, обуславливающие эффекты самовосстановления, приведены некоторые примеры самовосстанавливающихся материалов и покрытий.

Ключевые слова: композиционные материалы, самовосстанавливающиеся, трещины, микрокапсулирование, полимеризация.

К самовосстанавливающимся («умным») материалам относятся те материалы, которые обладают уникальными свойствами, позволяющими им приспосабливаться к различным изменениям окружающей среды без какого-либо вмешательства извне. Эти материалы обладают способностью реагировать на различные внешние раздражители, такие как температура, давление, свет, электрические или магнитные поля.

Требования современного материаловедения таковы, что зачастую самовосстановление в искусственных материалах, и в частности в полимерах, наиболее востребовано в случаях механических повреждений различного масштабного уровня:

- в микротрещинах, в непосредственной близости к тому месту, где межмолекулярные связи были повреждены;
- в макротрещинах, (должны быть сформированы условия для заполнения трещины «залечивающим» веществом);
- в участках с разъединенными поверхностями (необходимы условия для их соединения) [1].

Самовосстанавливающиеся материалы и покрытия представляют собой тип передового материала, способного восстанавливаться после повреждения. Эта технология может произвести революцию во многих отраслях промышленности, уменьшив потребность в частом ремонте и замене.

Самовосстанавливающиеся материалы и покрытия работают за счет включения в них полимеризующий агента. При внешнем или внутреннем повреждении материала или покрытия агент высвобождается, заполняя трещины и восстанавливая первоначальную прочность и функциональность материала. «Лечащие» агенты представляют из себя жидкие активные вещества, такие как мономеры, катализаторы и отвердители.

Самовосстанавливающийся материал можно поделить на две группы: автономные и неавтономные. К автономным относятся такие материалы, которые начинают свое действие непосредственно при повреждении материала и способен частично или полностью восстановить структуру материала без внешнего воздействия на него. Для неавтономных уже требуется воздействие из вне. Это может быть либо повышение температуры, либо воздействие УФ-лучей.

Также они делятся на механизмы самовосстановления, а именно на «внутренний» и «внешний». «Внешний» механизм представляет собой специально внедренных агентов, например микрокапсул с «залечивающими» веществами (рисунок 1), а «внутренний» не требует дополнительных объектов для самовосстановления.

Основным недостатком микрокапсульной системы является малое количество «лечащего» вещества и, следовательно, одноразовой «регенерации». Для решения данной проблемы было предложено встраивание в материал матрицы сосудистых систем с жидким наполнителем (рисунок 1, а).

Одним из основных преимуществ самовосстанавливающихся материалов и покрытий является их способность увеличивать срок службы деталей и изделий. Это может снизить затраты на техническое обслуживание и время простоя для ремонта, а также уменьшить ко-

личество отходов и воздействие на окружающую среду в результате утилизации поврежденных материалов.

Перспективным направлением созданием «умных» композитов считается создание «сэндвич» панелей (рисунок 2). Каждый слой в такой системе отвечает за определенную функцию, что позволяет минимизировать повреждения и быстро восстанавливать свои характеристики. За счет активного вещества на основе трибутилборана (ТББ), которое остается между панелями, полимер пластины не затвердевает.[5] Однако при повреждении, вещество вытекает и затвердевает за секунды, герметизируя повреждение.

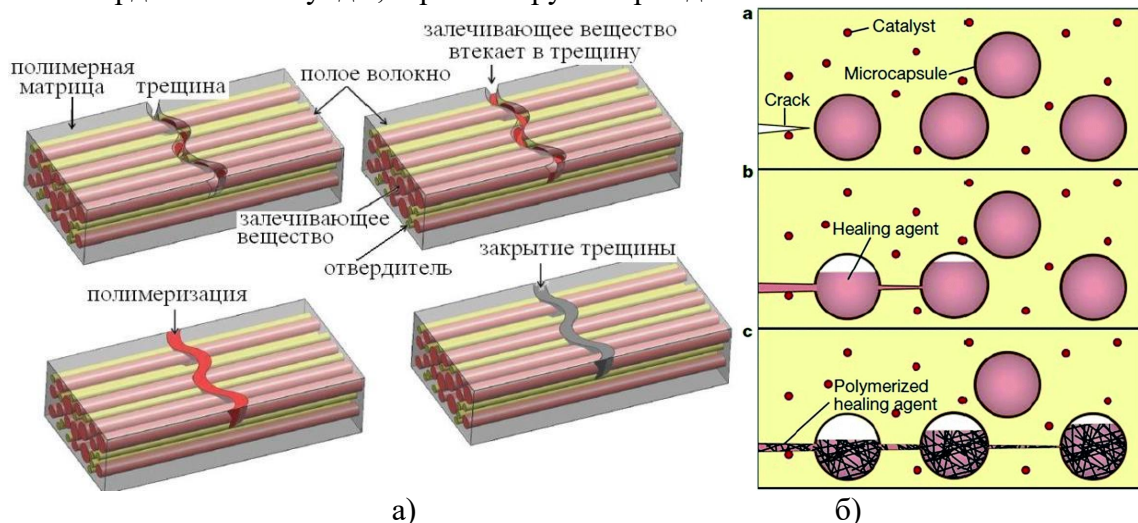


Рисунок 1 – Схематическое изображение самовосстановления [2] а) капиллярного; б) с использованием встроенных капсул композитного материала [3].

ТББ представляет собой инициатор отверждения при различных температурах и внешних факторов. ТББ был синтезирован по методике, описанной в [4].

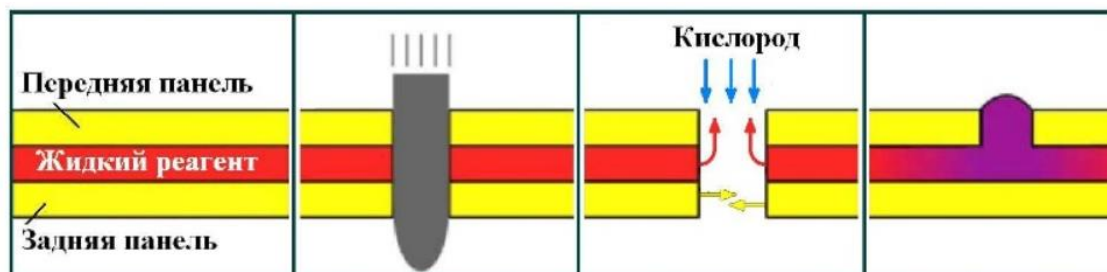


Рисунок 2 – Стадийный механизм самовосстановления сэндвич панели [5].

Самовосстанавливающиеся материалы и покрытия также имеют потенциальное применение в критически важных с точки зрения безопасности отраслях, таких как аэрокосмическая и автомобильная. Внедряя технологию самовосстановления, эти отрасли могут повысить безопасность и надежность своей продукции.

«Умные» материалы имеют широкий спектр применений в различных отраслях, включая аэрокосмическую, автомобильную, здравоохранение и бытовую электронику. Некоторые примеры их приложений включают в себя:

1. Аэрокосмическая отрасль. В самолетах можно использовать «умные» материалы для снижения веса и повышения эффективности использования топлива. Их также можно использовать для контроля структурной целостности самолета.

2. Автомобильная промышленность: в автомобилях можно использовать умные материалы для повышения безопасности и комфорта. Например, их можно использовать в подушках безопасности и ремнях безопасности, чтобы уменьшить последствия столкновения.

3. Здравоохранение. Умные материалы можно использовать в медицинских устройствах, таких как кардиостимуляторы и протезы, для повышения их функциональности и долговечности.

4. Бытовая электроника. Смарт-материалы можно использовать в смартфонах и носимых устройствах для повышения их производительности и функциональности.

В целом, самовосстанавливающиеся материалы и покрытия могут изменить правила игры во многих отраслях, предлагая повышенную долговечность, безопасность и устойчивость. «Умные» материалы могут произвести революцию в различных отраслях, обладая уникальными свойствами, которые позволяют им адаптироваться к различным изменениям окружающей среды. Поскольку исследования и разработки в этой области продолжаются, мы можем ожидать еще больше инновационных применений интеллектуальных материалов в будущем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ситников Н.Н., Хабибуллина И.А., Мащенко В.И. Самовосстанавливающиеся материалы: обзор механизмов самовосстановления и их применений // Видеонаука: сетевой журн. 2018. №1(9).
2. Ghosh S.K. Self-Healing Materials: Fundamentals, Design Strategies, and Applications Edited by Swapan Kumar Ghosh. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, 2009, p. 306.
3. Военное обозрение. [Электронный ресурс]: [официальный сайт] Москва, 2010-2023 URL: <https://topwar.ru/110318-morfing-i-samovosstanavlivayuschiesya-materialy.html>
4. Kuznetsova Y.L., Sustavaeva K.S., Vavilova A.S., Markin A.V., Lyakaev D.V., Mitin A.V., Semenycheva L.L. Tributylborane in the synthesis of graft-copolymers of gelatin and acrylamide. *J. Organomet. Chem.* 2020;924:121431. doi: 10.1016/j.jorganchem.2020.121431.
5. Zavada S.R., McHardy N.R. et al. Rapid, Puncture-Initiated Healing via Oxygen-Mediated Polymerization. *ACS MacroLett.*, 2015, № 4, pp. 819-824.

ЛАПКА ЗАДНЕГО ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯ ВЕЛОСИПЕДА

Шабанов Николай Николаевич, студент кафедры «Современные специальные материалы», e-mail: nikollo1999@mail.ru

Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail: gea62@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Составлена сравнительная характеристика композиционных материалов, армированных волокнами, а именно на основе органопластика, углепластика и стеклопластика. Получены выводы об эффективности добавления высокопрочных волокон в композиционные материалы, с целью обеспечения жесткости и прочности композита в направлении ориентации волокон.

Ключевые слова: композиционные материалы, композиты, наполнитель, матрица, армирующие элементы, упрочнитель, высокопрочные аромидные волокна, органопластик, высокопрочные углеродные волокна, углепластик, стеклопластик.

Введение

Задний переключатель передач – очень ответственная деталь, отвечающая за смену передаточного соотношения трансмиссии велосипеда. У переключателя есть уязвимая деталь – это его лапка. Обычно, она изготавливается из алюминиевых или стальных сплавов, но мне стало интересно, возможно ли создать композиционный материал, чьи характеристики превосшли бы алюминий, и, возможно – заменили бы его в будущем.

Требования к изделию

Лапка переключателя передач (рисунок 1) – маленькая но ответственная деталь, которая отвечает за натяжение, удерживание и направление цепи на кассете (блок задних звёзд – передач). Она должна обладать достаточной жёсткостью и упругостью, чтобы перенести боковой и фронтальный удар и остаться целой. При этом её вес должен меньше или такой же как у аналогов из стали и алюминиевого сплава В95Т и зарубежных аналогов 7005 и 6061.

От лапки, изготовленной из композитного материала требуются следующие ключевые параметры:

- Высокий модуль упругости. Изделие будет подвергаться изгибающей нагрузке и оно не должно быстро выходить из строя при боковом ударе
- Предел прочности. Бывает, что переключатель при сильном наклоне велосипеда в повороте может начать бороздить лапкой землю, испытывая растягивающую нагрузку.
- Плотность. Материал лапки не должен превышать веса стального, а лучше – алюминиевого аналога.



Рисунок 1 – Лапка заднего переключателя велосипеда

Технологический процесс изготовления лапки заднего переключателя велосипеда

В качестве технологического процесса был выбран метод вакуумной инфузии. Технология вакуумной инфузии (рисунок 2) подразумевает собой доработанную технологию вакуумного формования, но основное отличие заключается в процессе пропитки материала. Если при вакуумном формовании пропитка материала осуществляется с помощью кисти или валика, а потом покрывается вакуумной пленкой и вакуумируется, то при вакуумной инфузии изначально делается вакуумный мешок с расположенным внутри материалом и пропитка осуществляется за счет создания вакуума внутри мешка. Данная технология является одной из самых популярных и может применяться при изготовлении практически любых изделий.

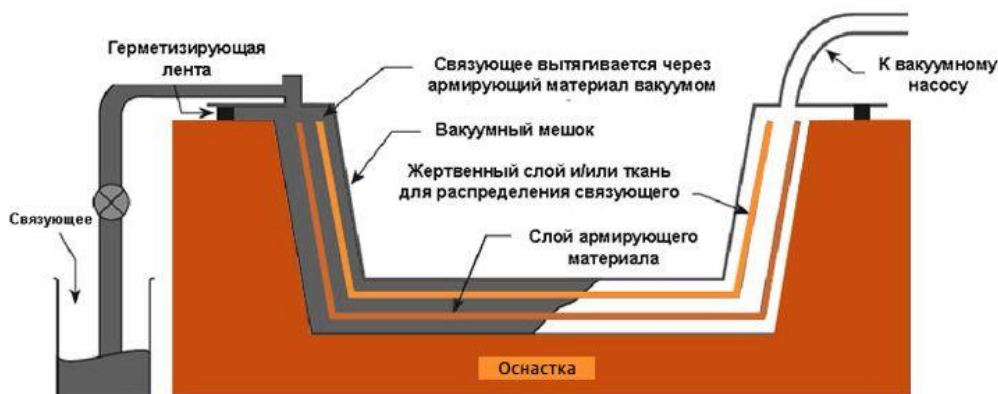


Рисунок 2 – Схема вакуумной инфузии

Преимущества:

- Лучшее соотношение волокно/связующее, что благоприятно сказывается на прочности и массе готового изделия;
- Получение наиболее гладкой поверхности;
- Отсутствие воздушных пузырей;
- Лучшее пропитывание материалов;
- Экономия связующего вещества (смолы);
- Возможность изготовления больших изделий;
- Минимальное взаимодействие с вредными веществами.

Испытания

В качестве программы для моделирования изделия был использован SolidWorks 2020,

в котором проводились испытания – была смоделирована лапка из алюминия 6061 и угле-родно-борного композита.

Предел прочности композита в контексте изделия равен 285 МПа (285 Ньютон/мм² или 29 кгс).

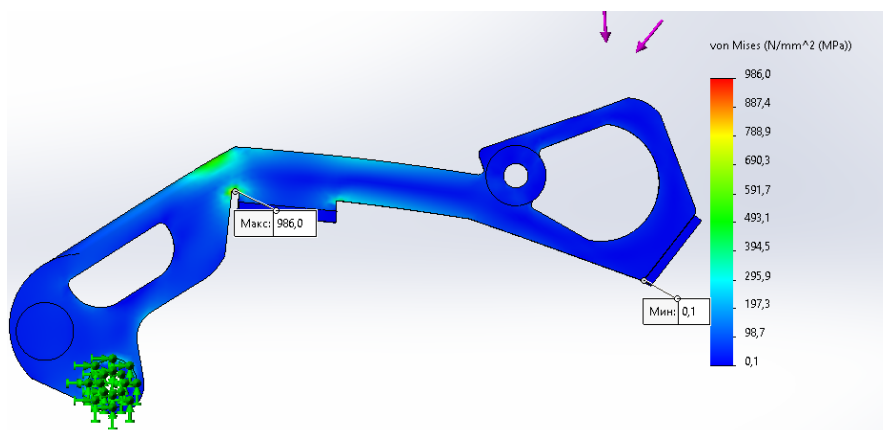


Рисунок 3 – Композитная лапка при фронтальном ударе

Предел текучести алюминиевого сплава 6061 в контексте изделия равен 55 МПа (55 Ньютон/мм² или 5,6 кгс)

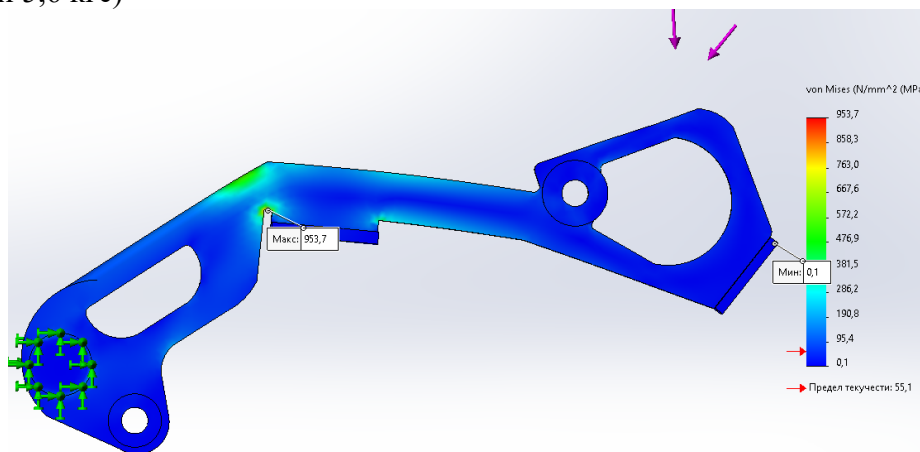


Рисунок 4 – Алюминиевая лапка при фронтальном ударе

При более детальном сравнении оказалось, что композитная лапка (рисунок 3), пусть и получает необратимые повреждения, но при этом она превосходит алюминиевый (рисунок 4) аналог в 5,18 раз ($285 \text{ МПа} / 55 \text{ МПа} = 5,18$).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Головина Е.А. «Компьютерное моделирование» [Текст]: учебник/ Изд-во АлтГТУ, 2016. – 164 с.
2. Гуняев Г.М. «Структура и свойства полимерных волокнистых композитов» [Текст]/ учебник: Москва «Химия», 1981. – 230 с.
3. Васильев В.В «Композиционные материалы» [Текст]/ справочник: Москва «Машиностроение», 1990. – 66 с.
4. Ozlib «Борные волокна» [Электронный ресурс] URL: https://ozlib.com/802024/tehnika/bornye_volokna
5. komposittUA «Общие представления о многофазных волокнах» [Электронный ресурс] URL: <https://kompositt.com.ua/index.php/home/uglyerodnyyekompozity/19-obshnye-predstavleniya-o-mnogofaznyh-voлокнах>

КОМПОЗИЦИОННЫЕ БАЛЛОНА ДАВЛЕНИЯ

Шефер Никита Андреевич, студент кафедры «Современные специальные материалы»
e-mail: nikita.shefer.01@mail.ru

Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна к.т.н. доцент, e-mail: gea62@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

При разрушении композитного баллона отсутствуют осколки, это делает эксплуатацию баллона безопасной. Так как нити, которые наматывают на лейнер, имеют малую плотность, снижается вес баллона. Соответственно можно хранить и транспортировать гораздо больше газа, чем в металлических баллонах. Однако производство композитного баллона затратнее чем традиционного.

Ключевые слова: баллон давления, стекловолокно, традиционный материал, армирующее волокно, композиционный материал, лейнер.

Баллоны давления – неотъемлемая часть многих промышленных и бытовых устройств, где необходимо обеспечить надежное хранение газов под высоким давлением. Традиционно, для изготовления таких баллонов используются сталь и алюминий. Однако последние годы промышленность начала активно использовать композитные материалы для производства баллонов высокого давления [1].

Для изготовления баллонов давления из композитного материала используются такие материалы, как углепластик, стеклопластик, их промежуточные вариации, а также керамические, металлические и полимерные матрицы. Например, углепластик – легкий материал, он имеет высокую прочность и устойчив к коррозии. Керамические материалы имеют исключительные механические и термические свойства, что увеличивает надежность баллона и продлевает его срок службы [2].

Использование композитных материалов позволяет создавать баллоны давления с более легким весом и высокими (до 45 МПа) рабочими давлениями. Кроме того, такие баллоны обладают хорошей устойчивостью к коррозии и вибрационным воздействиям. Важным преимуществом композитных баллонов является их безопасность. В отличие от баллонов из металла, композитные баллоны менее склонны к взрывам или разрывам. В случае аварии такие баллоны теряют давление постепенно, что позволяет людям вокруг избежать опасности [3].

Однако на сегодняшний день создание баллонов давления из композитных материалов остается дорогостоящим и трудоемким процессом. Применение таких баллонов в промышленности все еще ограничено некоторыми техническими проблемами, связанными с качеством производства и контроля качества. Тем не менее, композитные баллоны давления уже широко используются в авиации, медицине, энергетике, космической промышленности, а также в бытовых баллонах для хранения сжиженного газа. Таким образом, баллоны давления из композитного материала представляют собой новое поколение.

Композитные баллоны давления (рисунок 1) содержат в своем строении закладной цельный элемент – лейнер (1). Лейнер изготавливают из стали или сплавов алюминия. Цельный лейнер позволяет равномерно распределять давление на внутреннюю оболочку. Внешний слой баллона – силовую оболочку (2) изготавливают из композиционных материалов. В качестве композиционного материала может выступать стеклянное, базальтовое, углеродное и другие волокна пропитанные смолой. Баллон содержит цилиндрическую обечайку (3) и два днища (4 и 5). В днище вырезается отверстие с цилиндрической резьбой под штуцер (6). Комбинирование кольцевой намотки (7) с диагональной (8). Количество слоев и их толщина задают параметры работоспособности баллона. Газ в баллоне хранится под давлением. Давление в свою очередь действует на стенки сосуда. Так как лейнер преимущественно изготавливают цельным, бесшовным снижается количество концентраторов напряжения. Концентраторы напряжения в лейнере способствуют зарождению трещин в структуре лейнера [2].

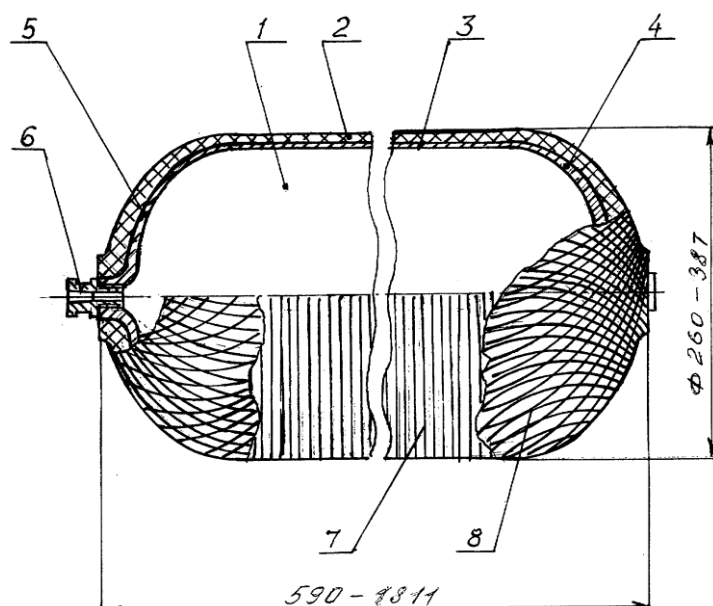


Рисунок 1 – Схема композитного баллона[4]

Для композитных баллонов материал для лайнера подбирается так, чтобы в сосуде при испытании пробным давлением отсутствовали пластические деформации. Также для проверки герметичности лайнер опускают в воду. Наличие пузырьков в ванной с водой говорит о том, что внутренняя оболочка не герметична. Лайнер должен быть такой формой и размером, что после заполнения его газом, стеки лайнера плотно должны прилегать к поверхности силовой оболочки. Нужно также учитывать, что при подаче давления основную нагрузку должна нести силовая оболочка, а основная функция лайнера это создания герметичности

Для усиления оболочки используют различные волокна [1]. Механические характеристики различных видов волокон приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Механические характеристики волокон

Волокно	Плотность, $\text{кг/м}^3 \cdot 10^{-3}$	Предел прочности, σ , ГПа	Модуль упругости, E , ГПа
Углеродное, УКН-5000	1,75	2,5	210
Углеродное, Кулон-5000А	1,93	2,4	400
Аромидное, Армос	1,45	7,5	150
Аромидное, Kevlar-29	1,4	3,28	96,5
Стекловолоконное, АБС	2,5	3,45	72,4

Для производства композитных баллонов высокого давления преимущественно используют эпоксидную смолу. Так как она имеет ряд преимуществ. Невысокая плотность позволяет снизить массу изделия. У эпоксидной смолы также хорошие удельные физико-механические характеристики. Отвержденная эпоксидная смола практически не поглощает воду, поэтому баллоны, изготовленные из данного типа смолы можно использовать в дайвинге и научных погружениях под воду.

В современном мире можно спроектировать материал для баллона, работающего в определенных условиях. Стальные баллоны опасны в использовании, так как при взрыве разлетаются осколки, способные нанести значительный ущерб. Стальной баллон нельзя хранить на солнце. Максимально допустимая температура эксплуатации составляет 50 градусов. Также баллон не допустим к механическим повреждениям. Использование баллонов из композитных материалов делает нашу жизнь проще. Они надежнее, легче, прочнее и практичнее. Баллоны из композитных материалов можно использовать в любой среде, главное правильно подобрать компонентный состав и технологию производства.

При изготовлении баллона высокого давления необходимо соблюдать ряд требований.

Композитные баллоны должны максимально легкими и также соответствовать требованиям безопасной эксплуатации. Именно поэтому нужно уметь правильно подобрать компоненты, из которых будет изготовлен баллон. Следует опираться на принцип оптимальности. Использовать не «самые-самые» материалы, а выбирать правильное соотношение комплекса свойств волокна, связующего и материала лейнера. Также можно модернизировать существующие материалы или создавать новые с заданным комплексом свойств под конкретные условия.

Баллон высокого давления испытывают следующим образом: лейнер опускают в ванну с водой, для того чтобы проверить его герметичность.

После намотки и полного отверждения связующего баллон также помещают в ванну с водой. Наличие пузырьков будет говорить о наличии разгерметизации, и такой баллон запрещается использовать. Затем готовый баллон испытывают пробным давлением, которое превышает рабочее давление.

Баллон, изготовленный из композиционных материалов может прослужить до 15 лет или 15000 циклов перезаправок. Изготовление композитного баллона дороже, чем из классической стали, но его использование безопаснее. Такой баллон не взрывается, и газ выходит постепенно. Так как нити, которые наматывают на лейнер, имеют малую плотность, снижается вес баллона. Соответственно можно хранить и транспортировать гораздо больше газа, чем в металлических баллонах

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Джеральд Г., Лакшмикантам К. Оптимальные тонкостенные сосуды давления из анизотропного материала // Тр. амер. об-ва инженеров-механиков. Сер. Е. – М.: Мир, 1966. – 66 с.
2. Кузьмин М.А., Лебедев Д.Л., Попов Б.Г. Расчеты на прочность элементов многослойных композитных конструкций. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – С. 145-158.
3. Воробей В.В., Маркин В.Б. Основы проектирования и технология сверхлегких композитных баллонов высокого давления: монография. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014. 166 с
4. Блазнов А.Н., Маркин В.Б. и др. Перспективы создания композитных баллонов // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности : материалы XI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. 2018. С. 80–88.
5. Маркин В.Б., Ананьева Е.С., Новиковский Е.А. Композиционные материалы в современном машиностроении // Central-Asia Material Science Journal. № 1. 2015. С. 45–50.

ПОДСЕКЦИЯ «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ВЫСОКОХРОМИСТОГО ЧУГУНА ЧХ28, ПОДВЕРГНУТОГО ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Астахов Даниил Андреевич, бакалавр кафедры «Физика», e-mail: Apstahov69@mail.ru
Научный руководитель - Черных Евгения Владимировна, к.ф.-м.н., доцент,
e-mail: jane_5@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе проведено исследование структурно-фазового состава и износостойкости отливок из высокохромистого чугуна марки ЧХ28 после термической обработки. Определен оптимальный режим термообработки, позволяющий значительно повысить твердость и износостойкость чугуна. Результаты металлографического анализа показали высокую степень равновесности структурно-фазового состояния и гомогенности фаз. Наиболее вероятной фазой карбидов хрома является карбид с брутто-формулой Cr_7C_3 . Металлическая матрица, окружающая карбиды, представляет собой бесструктурный мартенсит.

Ключевые слова: чугун, структура, термическая обработка, упрочнение, износостойкость, твердость.

Введение

Чугун является самым востребованным материалом современного машиностроения, без которого не обходится ни одна промышленная отрасль. Главным образом, это касается и высокохромистых чугунов (ВХЧ), обладающих ценными свойствами – твердостью, стойкостью к износу и повышенной устойчивостью к коррозии. Хром в составе ВХЧ является основным карбидообразующим элементом, за счет которого обеспечивается их износостойкость. Требуемые свойства данного типа чугуна также могут быть улучшены путем легирования марганцем, никелем и другими химическими элементами. Высокохромистые чугуны широко применяются, например, для изготовления наиболее изнашиваемых деталей, получаемых методом литья, мельничных футеровок, запчастей гидромашин, перекачивающих абразивные смеси. Детали из такого материала, способные выдержать жесткие условия эксплуатации, отличаются продолжительным сроком службы и высокой надежностью. Однако проблема технологического процесса изготовления более сложных деталей требует оптимизации структуры применяемых высокохромистых чугунов.

Одним из важных этапов в изготовлении чугунных деталей из высокохромистых чугунов является их термическая обработка (ТО). Термообработка с целым комплексом процессов (нагрев, выдержка и последующее охлаждение) способна не только повысить твердость и ударно-абразивную износостойкость материала, но и предотвратить процесс его необратимого разрушения за счет снятия остаточных напряжений.

Известно, что свойства ВХЧ можно изменять в широких пределах термической обработки [1]. Тем не менее, следует учесть, что износостойкость – структурно чувствительное свойство и зависит от режимов ТО. На сегодняшний день вопрос оптимизации режимов термического упрочнения высокохромистых чугунов до сих пор остается открытым и требует детального экспериментального изучения.

В связи с этим исследование особенностей структурно-фазового состояния высокохромистого чугуна ЧХ28, подвергнутого термической обработке, весьма актуально в современных условиях.

Целью данной работы является исследование влияния термической обработки на структуру и твердость высокохромистого чугуна марки ЧХ28.

Методика и материалы

В качестве объекта исследования был выбран образец высокохромистого чугуна ЧХ28, выплавляемому по ГОСТ 7769–82 «Чугун легированный для отливок со специальными свойствами. Марки». Химический состав образца (табл.1) определяли стандартными ме-

тодами на эмиссионном спектрометре «SOLARIS CD Plus». Данный чугун дополнительно легирован молибденом, ванадием и никелем.

Таблица 1. Химический состав исследуемого образца

Содержание элементов, %					
C	Si	Mn	P	S	Cr
1,637±0,01	0,890±0,01	0,746±0,10	0,0208±0,005	0,0220±0,002	27,791±0,44
Ni	V	B	Al	Mo	Cu
0,561±0,016	0,118±0,001	0,0004±0,00006	0,013±0,000	0,558±0,019	0,085±0,001

Исследуемый материал подвергался операции заковки с нагрева в интервале температур 950-1050 °С и выдержке при этих температурах в течение времени не менее 2 ч, с последующим охлаждением на воздухе до температур 160-200 °С и отпуском при температуре 200 °С в течение времени не менее 2 ч. Остывшие после отпуска образцы демонстрировали твердость 531±20 НВ по сравнению с твердостью 215-270 НВ в литом состоянии.

Микроструктура образца исследовалась на поперечном шлифе (рис.1). Образец подвергался шлифовке, затем полировке на автоматическом шлифовально-полировальном станке DIGIPREP с применением суконов MET-Mambo и поликристаллических алмазных суспензий зернистостью 3, 1 и 0,5 мкм. Суперфинишная полировка была произведена на сукне MET-FOKS с использованием кислой суспензии коллоидного оксида кремния 0,05 мкм.

Как видно из рисунка 2, микроструктура изделия равномерная, представлена игольчатыми дендритами, имеющими преимущественно оси первого порядка.



Рисунок 1 - Микрошлиф образца чугуна ЧХ28

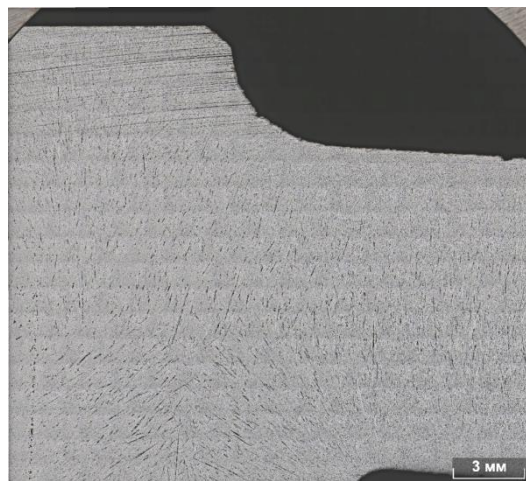


Рисунок 2 - Панорамная микроструктура образца чугуна ЧХ28

Травление подготовленного металлографического микрошлифа осуществляли последовательно в два этапа: сначала 4 % раствором пикриновой кислоты в этиловом спирте с промежуточной мойкой и сушкой, затем 4 % раствором азотной кислоты в этиловом спирте. Кроме этого, с целью повышения контрастности структурно-фазового состояния, образец дополнительно травил реактивом Бераха II.

Оценку структуры проводили с помощью оптической микроскопии на металлографическом микроскопе «Carl Zeiss Axio Observer Z1m» с программным комплексом «ThixoMet PRO» по методикам [2-5].

Результаты и обсуждение

Микроструктура термически обработанного чугуна ЧХ28 представляет собой механическую смесь первичных карбидов хрома и твердого раствора хрома и углерода в железе, имеющего форму бесструктурного мартенсита (рис.3а). Выделения структурно-свободного графита и дефекты отливки в виде неметаллических включений и пор отсутствуют. Метал-

логографический анализ показал высокую степень равновесности структурно-фазового состояния и гомогенности фаз.

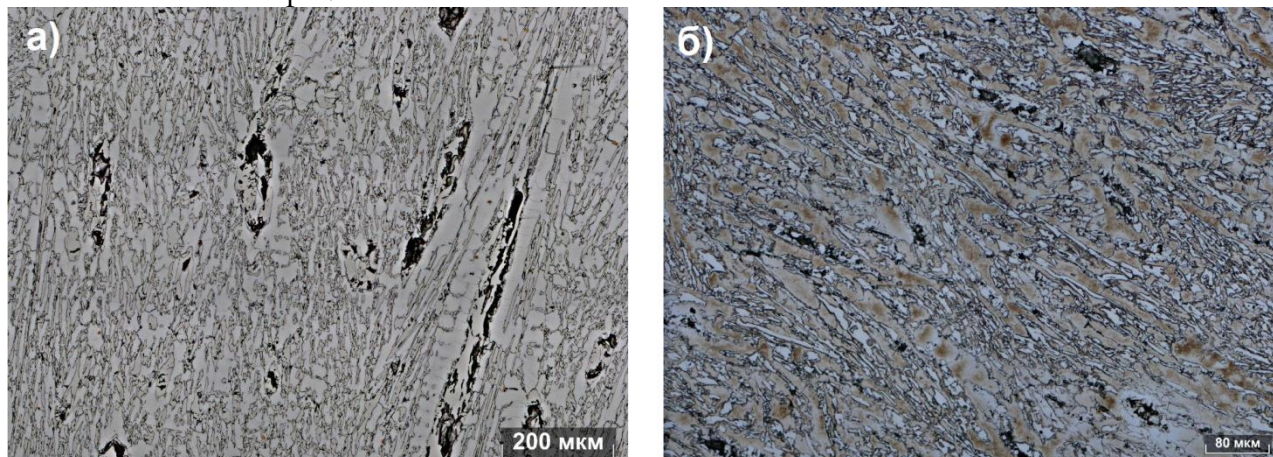


Рисунок 3 - Микроструктура образца чугуна ЧХ28 при увеличении $\times 200$:

а – без поляризации, б – в поляризованном свете.

Светлые области – карбиды хрома состава Cr_7C_3 .

Области темнее – твердый раствор хрома в железе, дополнительно легированный никелем, молибденом и ванадием, имеющий фазовое состояние бесструктурного мартенсита

Исследования структурно-фазового состояния в поляризованном свете (рис.3б) указывают на равномерность элементного и химического состава по сечению фаз. Согласно результатам, наиболее вероятной фазой, карбидов хрома является карбид с брутто-формулой Cr_7C_3 , а металлическая матрица, окружающая эти карбиды – преимущественно твердый раствор хрома в железе, наиболее вероятно, что это бесструктурный мартенсит.

Заключение

В результате термической обработки достигнуто значительное повышение твердости высокохромистого чугуна ЧХ28 (в 2-2,5 раза). Такое увеличение твердости обусловлено образованием в структуре карбидов хрома Cr_7C_3 и мартенсита, что способствует продлению срока службы данного материала в условиях высоких нагрузок и в присутствии гидроабразивной среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Комаров О.С. Высокохромистый чугун. Мн.: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 156 с.
2. Vander Voort G., Pakhomova O., Kazakov A., Evaluation of Normal Versus Non-Normal Grain Size Distributions // Materials Performance and Characterization. 2016. N 5. P. 521–534.
3. Kazakov A., Kiselev D. Industrial Application of Thixomet Image Analyzer for Quantitative De-scription of Steel and Alloys Microstructure // Microsc. Microanal. 2015. 21 (Suppl 3). P. 457–458.
4. ASM International 1991, ASM Handbook: Heat Treatment, Vol. 4, American Society for Metals Park, Ohio. 2173 p.
5. Иванов С.Г., Гурьев А.М., Земляков С.А., Гурьев М.А., Романенко В.В. Особенности методики подготовки образцов для автоматического анализа карбидной фазы стали $\chi 12\phi 1$ после цементации в вакууме с применением программного комплекса «Thixomet PRO» // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 165–168.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Горбунов Владимир Евгеньевич, бакалавр кафедры «Прикладная математика»,
e-mail:gorbunov-2004@bk.ru

Научный руководитель – Романенко Вероника Викторовна, к.ф.-м.н., доцент,
e-mail:veronika_65@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе рассмотрена возможность использования современных технологий для изучения физических явлений и выявления их закономерностей. Современные технологии позволяют проводить лабораторные работы дистанционно, не имея доступа к сложным лабораторным установкам. Перевод лабораторных работ в виртуальный формат расширяет возможности для углубленного изучения материала, обеспечивает доступность проведения физических экспериментов без потери качества.

***Ключевые слова:** физические законы, физические явления, экспериментальная физика, современные технологии в науке, процесс обучения.*

Введение

Информационные технологии значительно улучшают условия во многих сферах общественной жизни. Особенно это влияние заметно в сфере образования. Благодаря it - технологиям уровень образования значительно вырос. Интерактивные уроки с различными презентациями и дополнительными материалами повышают не только объем передаваемых знаний, но и улучшают качество обучения, расширяют возможности образовательного процесса. Поэтому внедрение в обучающий процесс цифровых технологий для улучшения понимания физических законов и явлений является актуальной задачей. Выполнение виртуальной лабораторной работы ничем не отличается от реального эксперимента и позволяет изучить закономерности физических явлений без соответствующих приборов.

Методика и материалы

В настоящей работе рассмотрена возможность проведения компьютерного эксперимента по проверке второго закона Ньютона с использованием машины Атвуда [1, 2]. При написании виртуальной лабораторной работы использовалась среда разработки «Visual Studio Code», язык программирования «JavaScript» и открытая библиотека «Bootstrap» [3, 4]

Машина Атвуда представляет собой подвижный блок с нерастяжимой нитью, на концах которой располагаются грузы. В интерфейсе программы предложены три поля для ввода характеристик установки: высоты, на которой располагаются грузы, массы левого и правого грузов, а также таблицы из 5 таймеров, которые создают эффект погрешности, неизбежной при выполнении лабораторной работы в режиме реального времени (Рис. 1).

Выполнение работы предполагает собой рассмотрение и доказательство справедливости основного закона динамики поступательного движения (второго закона Ньютона).

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Рассмотрим систему с двумя зависимостями линейного ускорения:

$$\left. \begin{array}{l} a \sim F \quad \text{при } m = \text{const;} \\ a \sim \frac{1}{m} \quad \text{при } F = \text{const.} \end{array} \right\}$$

Экспериментальная проверка второго закона Ньютона осуществляется в два этапа, так как ускорение (как функция) зависит от двух переменных и одновременная проверка такой зависимости представляет определенную трудность и не является наглядной.

В первой серии опытов, результаты которых заносятся в первую таблицу, проверяется зависимость ускорения от действующей силы. При этом масса системы остается неизменной. Перераспределение масс на левой и правой частях установки приводит к увеличению разно-

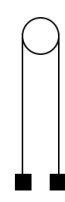
сти масс грузов, что, в свою очередь, приводит к движению машины Атвуда. Для начала эксперимента необходимо ввести основные величины, характеризующие установку, - массу левого и правого грузиков, а также установить высоту, на которой они находятся. Предполагается, что сила трения, действующая в оси блока, экспериментатору не известна. Величина силы трения впоследствии определяется по графику. Стоит заметить, что вводимая высота в метрах прямо пропорциональна высоте в пикселях.

Машина Атвуда

Ввод данных для расчета

Высота падения груза в сантиметрах (h)

Установка



Масса левого груза в граммах (m_0)

Масса правого груза в граммах (m_1)

Провести опыт

t_1	t_2	t_3	t_4
0с.	0с.	0с.	0с.

Рисунок 1 - Интерфейс программы «Машина Атвуда»

Во второй серии опытов, результаты которых заносятся во вторую таблицу, проверяется зависимость ускорения от величины, обратной общей массе системы, при этом разность масс грузов (действующая сила) остается постоянной.

Результаты и обсуждение

Для анализа возьмем данные из лабораторной работы, выполненной на реальной машине Атвуда, и сравним их с результатами виртуальной лабораторной работы. (Рис.2 и Рис.3).

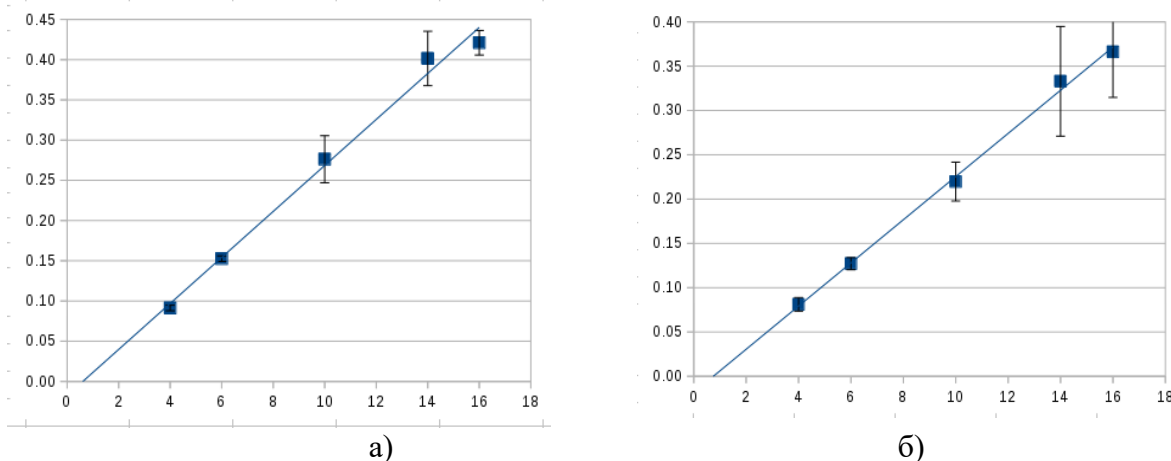
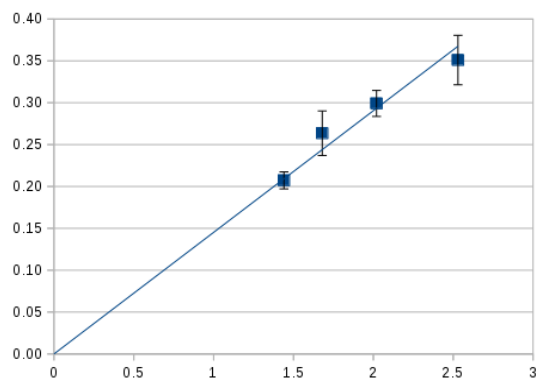
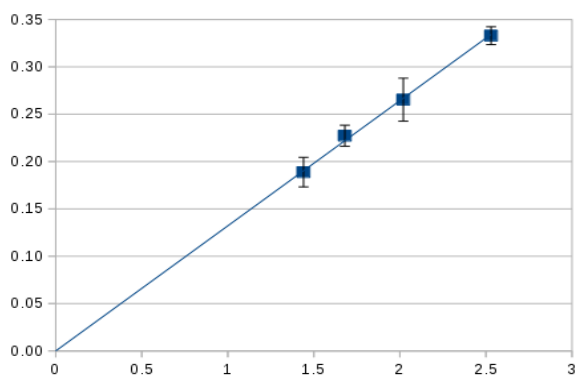


Рисунок 2 - Графики зависимости ускорения от действующей силы:
 а) виртуальная машина Атвуда, б) реальная машина Атвуда



а)

б)

Рисунок 3 - Графики зависимости ускорения от величины, обратной общей массе системы: а) виртуальная машина Атвуда, б) реальная машина Атвуда

Как можно заметить, различия графиков минимальны и связаны с неизбежно более высокими погрешностями при выполнении работы в очном формате. Результаты полностью сопоставимы.

Заключение

В век информационных технологий мы имеем уникальную возможность получения знаний в любое свободное время без привязки к месту. Благодаря таким проектам расширяется доступность в получении знаний. Комплекс виртуальных лабораторных работ может быть использован в учебном процессе для студентов заочного и дистанционного обучения, для студентов с ограниченными возможностями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики // Москва. Издательство: Academia. 2007. 720 с.
2. Мухина Ю.Р. Методика применения вычислительного эксперимента на практических занятиях по физике как одна из составляющих основной образовательной программы ИТ-специалистов // Вестник Южно – Уральского государственного университета. 2011. № 38. С. 90 – 95.
3. Bootstrap. - Текст: электронный // Bootstrap: [сайт].- URL: <https://bootstrap5.ru/> (дата обращения: 05.04.2023).
4. JavaScript.ru. - Текст: электронный // Справочник JavaScript: [сайт]. - URL: <https://javascript.ru/manual> (дата обращения: 05.04.2023).

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА МАРКИ ВЧ 50

Мальков Никита Вадимович, бакалавр кафедры «Физика», e-mail: nik777pik@mail.ru
 Научный руководитель - Романенко Вероника Викторовна, к.ф.-м.н., доцент,
 e-mail: veronika_65@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Проведен анализ распределения фаз в исследуемом образце чугуна ВЧ – 50, анализ распределения графитных включений по степени глобулярности и размерам. По результатам исследований сделаны выводы о нарушении регламента модификации и высокотемпературного отжига при производстве отливки, что привело к ухудшению эксплуатационных свойств материала.

Ключевые слова: чугуны, шаровидный графит, вермикулярный графит, микроструктура, степень глобулярности, износостойкость.

Введение

Одним из распространенных материалов в промышленной металлургии является чугун. Состав чугуна может меняться в зависимости от тех свойств и качеств, которые требуются для той или иной задачи. До недавних пор считалось, что серьезным недостатком чугуна является его хрупкость при сжатии и плохая прочность при растяжении. Но с внедрением новых технологий и процессов свойства чугуна были улучшены. В настоящее время это материалы с более высокими показателями устойчивости к ударным нагрузкам, термической стойкостью и износостойкостью. Изделия из чугуна нашли применение во многих сферах нашей жизни, начиная от садовых статуй, заборов, скамеек, и заканчивая производством деталей для тяжелых машин и оборудования, например, для изготовления корпусов двигателей, редукторов и т. д. Поэтому изучение микроструктуры и физико – механических свойств высокопрочных чугунов (ВЧ) представляется актуальной задачей современного материаловедения [1, 2].

Целью работы является исследование структуры и механических свойств высокопрочных чугунов марки ВЧ 50, полученных в результате модификации магнием из расплава. Чугун ВЧ-50 обладает высокой прочностью на разрыв, хорошей износостойкостью и отличными механическими свойствами, что позволяет использовать его в различных сферах машиностроения. ВЧ-50 используется в производстве блоков цилиндров для двигателей внутреннего сгорания, а также для изготовления гидравлических и пневматических компонентов, труб и фитингов. Установлено, что он обладает лучшей износостойкостью и механической прочностью, чем стандартный серый и ковкий чугуны, не уступает по физико – механическим свойствам хромистым чугунам.

Методика и материалы

В работе проведен металлографический анализ образца, выполненного из высокопрочного чугуна марки ВЧ 50 с шаровидной формой графита. Для идентификации микроструктуры в качестве травителя использован реактив Бераха.

Заготовки темплетов размерами 20x20x40 мм для анализа отрезали из готовых отливок. Вырезку темплетов осуществляли на прецизионном отрезном станке «Microcut-201», затем осуществляли запрессовку темплетов в бакелитовый компаунд при помощи металлографического пресса «MetaPress». Шлифовку и полировку осуществляли на автоматическом шлифовально-полировальном станке «DigiPrep-P». Металлографический анализ осуществляли при помощи металлографического микроскопа «Carl Zeiss Axio Observer Z1m» и программного комплекса «ThixoMet PRO» [3, 4].

Результаты и обсуждение

В работе проведен анализ распределения фаз в исследуемом образце (Рис. 1). Как видно из рисунка, графит в представленном образце неравномерно распределен по объему металлической матрицы, что приводит к анизотропии свойств чугуна и снижает его эксплуатационные характеристики. Матрица преимущественно состоит из феррита. В поляризованном свете можно наблюдать зерна перлита. Фазовый состав исследуемого образца представлено в таблице 1.

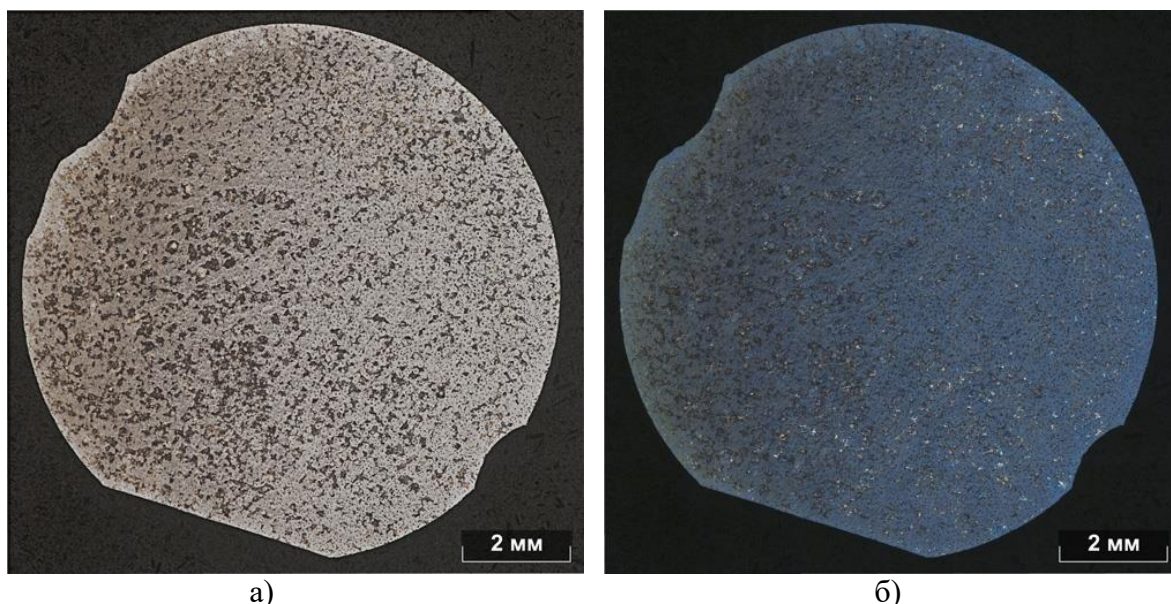
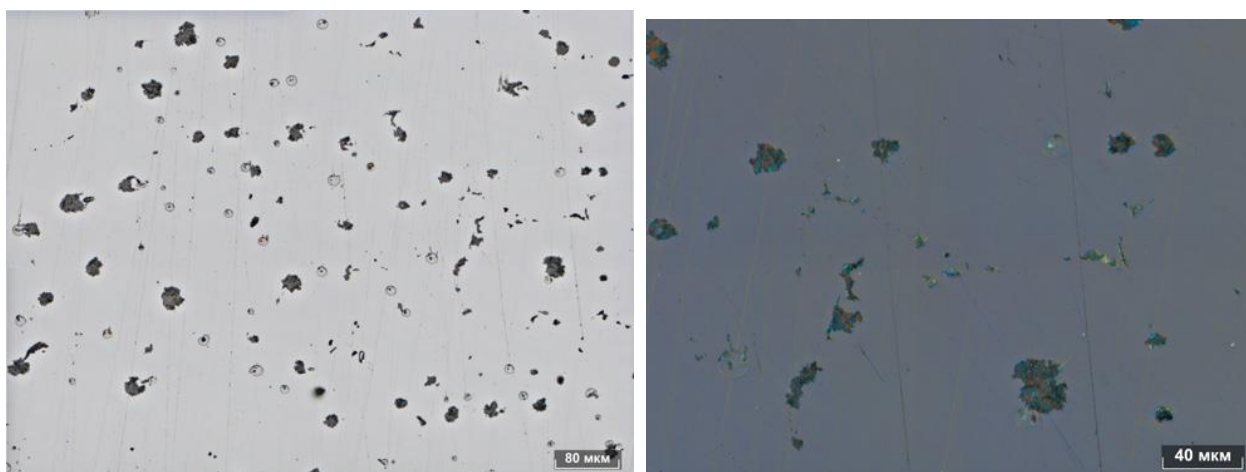


Рисунок 1 - Микроструктура полированного образца после травления для оценки фазового состава, х50: а) в естественном свете, б) в поляризованном свете

Таблица 1 - Фазовый состав исследуемого образца

Фаза	Объем, %
Феррит	60,97
Графит + Перлит	39,03

На рисунке 2 представлена микроструктура полированного образца до его травления. Форма включений графита преимущественно шаровидная (ШГф4) и вермикулярная (ВГф3). Объемная доля включений графита составляет 3 %. Графитные включения в соответствии с ГОСТ 3443-87 «Отливки из чугуна с различной формой графита. Методы определения структуры» распределены следующим образом: ВГф1(1,58%) - ВГф2(1,96%) - ВГф3(35,5%) - ШГф1(0,004%; д15) - ШГф3(5,33%; д45) - ШГф4(34,7%; д45) - ШГф5(20,9%; д45). Более развернутое распределение включений графита по размерам и форме представлено на рисунке 3. Как видно из рисунка, наибольшая доля включений графита шаровидной формы приходится на диаметр от 19,7 до 29,4 мкм – 46,7 % включений, 38 об. % включений имеют диаметр в диапазоне от 10 до 19,7 мкм. Средний диаметр таких включений составил 22,3 мкм. Степень глобулярности включений графита определяли через фактор формы F2. Для глобулярных частиц фактор формы варьируется от 0,7 и выше [5]. Таким образом, из данных о факторе формы F2 включений графита следует, что в образце к глобулярному графиту можно отнести лишь 33,7% включений графита шаровидной формы. Остальные включения имеют вермикулярную форму. В образце так же присутствует графит хлопьевидной формы. Превышение концентрации вермикулярного графита в образце свидетельствует о нарушении режима модификации чугуна и ухудшает его трещиностойкость, так как вермикулы являются концентраторами напряжений, на концах которых могут зарождаться трещины.



а) б)
Рисунок 2 - Микроструктура полированного образца до травления для оценки формы графита: а) в естественном свете, x200, б) в поляризованном свете, x500

№	Цвет	от	до	Объем, %	Количество, шт.	№	Цвет	от	до	Объем, %	Количество, шт.
1	Желтый	0,5	0,59	28,4	1355	1	Желтый	10	19,7	38	2437
2	Красный	0,59	0,67	38,9	1470	2	Красный	19,7	29,4	46,7	1151
3	Зеленый	0,67	0,76	27,2	817	3	Зеленый	29,4	39,1	13,5	172
4	Синий	0,76	0,84	5,5	131	4	Синий	39,1	48,8	1,85	14
Количество объектов					3771	Количество объектов					3771
Среднее					0,63	Среднее					22,3

а) б)
Рисунок 3 - Результаты исследования распределения графитных включений шаровидной формы по степени глобулярности (а) и размерам (б)

Заключение

Проведенные исследования показали, что модификация и высокотемпературный отжиг исследуемого образца чугуна ВЧ – 50 были произведены с нарушением регламента, что привело к ухудшению эксплуатационных свойств материала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конструкционные материалы / под ред. Б. Н. Арзамосова. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 446 с.
2. Лернер Ю. С. и др. Некоторые тенденции в производстве отливок из чугуна с шаровидным графитом за рубежом // Литейное производство. 1985. №12. С. 6-8.
3. Гурьев М.А., Иванов С.Г., Гурьев А.М., Кошелева Е.А., Черных Е.В. Выявление фазового состава боридных покрытий методами цветного травления // Ползуновский альманах. 2020. № 3. С. 19-23.
4. Иванов С.Г., Гурьев А.М., Земляков С.А., Гурьев М.А. Методика пробоподготовки образцов высоколегированных сталей для автоматического анализа карбидной фазы // Ползуновский вестник. 2020. № 3. С. 102–105.
5. Kazakov A. Kiselev D. Industrial Application of Thixomet. // Metallography, Microstructure, and Analysis. 2016. P. 294–301. DOI 10.1007/s13632-016-0289-6

ДЕНДРИТНЫЙ РОСТ δ -ФЕРРИТА ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ИЗ ЖИДКОГО СОСТОЯНИЯ

Манохин Дмитрий Александрович, бакалавр кафедры «Физика», e-mail: dmanoxin@inbox.ru
 Научный руководитель - Демьянов Борис Фёдорович, д.ф.-м.н., профессор,
 e-mail: bfdemyanov@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

Кристаллизация металлов и сплавов из жидкого состояния в настоящее время недостаточно изучена. Это связано с тем, что металлы плавятся при высоких температурах, что затрудняет экспериментальные исследования. Проведено исследование микроструктуры области воздействия электронного луча на нержавеющую сталь X18H10T, а также установлен состав структуры зоны расплава.

Ключевые слова: фаза, кристаллизация, дендриты, зародышеобразование, диаграмма состояния, энергия Гиббса.

Для описания процесса кристаллизации удобно использовать термодинамический потенциал (энергию) Гиббса G :

$$G = U - T \cdot S + P \cdot V, \quad (1)$$

где U – внутренняя энергия; T – температура; S – энтропия; P – давление; V – объём.

Оценим, как влияет форма кристалла (рис. 1) на размер образованных зародышей. Для этого запишем сначала формулу изменения энергии системы при кристаллизации из жидкой фазы:

$$U = S \cdot \sigma - V \cdot \Delta G, \quad (2)$$

где S – площадь поверхности, σ – поверхностное натяжение, V – объём, ΔG – энергия Гиббса.

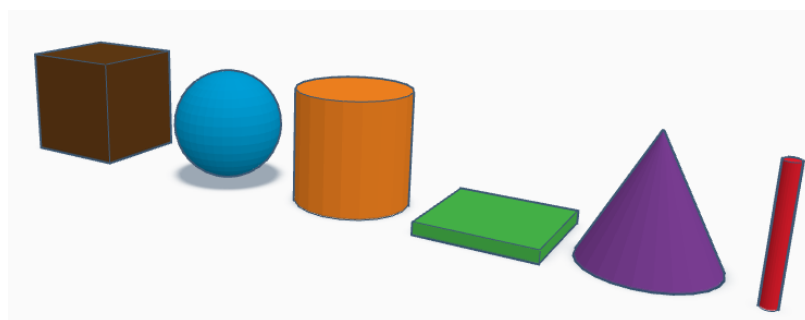


Рисунок 1 – Рассматриваемые формы кристалла

Проведём вычисления для данных форм кристалла, результаты представим в таблице 1.

Таблица 1 – Вычисление критического размера зародыша для разных форм кристалла

Форма кристалла	S	V	$\frac{S}{V}$	$r_{кр}$
Куб	$6r^2$	r^3	$\frac{6}{r}$	$4 \frac{\sigma}{\Delta G}$
Сфера	$4\pi r^2$	$\frac{4}{3}\pi r^3$	$\frac{3}{r}$	$2 \frac{\sigma}{\Delta G}$
Цилиндр	$3\pi r^2$	$0,5\pi r^3$	$\frac{6}{r}$	$4 \frac{\sigma}{\Delta G}$
Пластинка	$\frac{12r^2}{5}$	$\frac{r^3}{10}$	$\frac{24}{r}$	$16 \frac{\sigma}{\Delta G}$
Конус	$\frac{\sqrt{5}}{2}\pi r^2$	$\frac{\pi r^3}{12}$	$\frac{6\sqrt{5}}{r}$	$4\sqrt{5} \frac{\sigma}{\Delta G}$
Стержень	$0,105\pi r^2$	$0,0025\pi r^3$	$\frac{42}{r}$	$28 \frac{\sigma}{\Delta G}$

Эти расчеты показывают, что наиболее энергетически выгодными являются кристаллы сферической формы, наименее выгодны кристаллы пластинчатой и игольчатой формы.

Электронно-лучевая обработка проводилась на стали X18H10T. Параметры обработки: ускоряющее напряжение 60: кВ, ток электронного луча 0,5 А, диаметр пучка 1 мм, скорость перемещения образца составляла 2 мм/с.

Хромо-никелевые стали при кристаллизации из жидкого состояния в зависимости от количества Cr и Ni образуют γ -фазу (аустенит) либо δ -феррит. На рис. 2 показана диаграмма состояния для стали с различным содержанием никеля и хрома [1]. Исследуемая сталь содержит не менее 28 % никеля и хрома, поэтому, как видно из диаграммы, при охлаждении кристаллизация происходит с образованием δ -феррита, который при дальнейшем охлаждении превращается в аустенит. Высокая скорость охлаждения может привести к неполному превращению феррита в аустенит [2, 3].

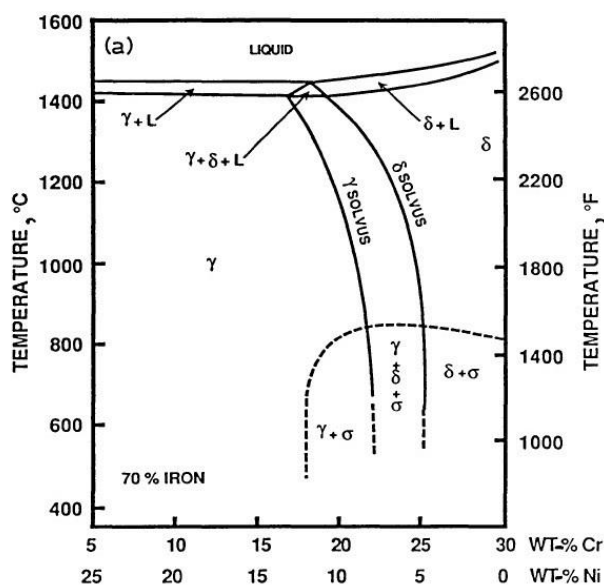


Рисунок 2 – Диаграмма состояния стали X18H9T

Микроструктура зоны расплава состоит из дендритных δ -ферритных зерен в аустените матрицы. Формирование ферритно-аустенитной микроструктуры происходит в результате неравновесной кристаллизации из-за очень высокой скорости охлаждения при электронно-лучевой обработке, что может привести к неполному превращению феррита в аустенит. Рис. 5 показывают, что микроструктура верхней части зоны расплава состоит из столбчатых зерен, растущих в направлении, перпендикулярном границе с двух сторон зоны расплава. Дендриты ориентированы по градиенту температуры и направлению отвода тепла. Области перехода от столбчатой к равноосной форме зерна имеют резкий переход, ширина переходной зоны 0,1 мм. Столбчатая дендритная микроструктура зерен показана с большим увеличением на рис. 3.

Рис. 3 иллюстрирует микроструктуру в средней части зоны расплава. Структура в этой области содержит столбчатые и равноосные зерна δ -феррита. Структура равноосная расположена по центру зоны расплава. Форма зерен определяется температурным градиентом и скоростью кристаллизации. Высокая скорость затвердевания в центре электронно-лучевой обработки способствует формированию равноосных зерен. Было установлено, что столбчатые дендриты в микроструктуре зоны расплава часто существует в вермикулярной формы либо в форме растения в зависимости от скорости охлаждения.

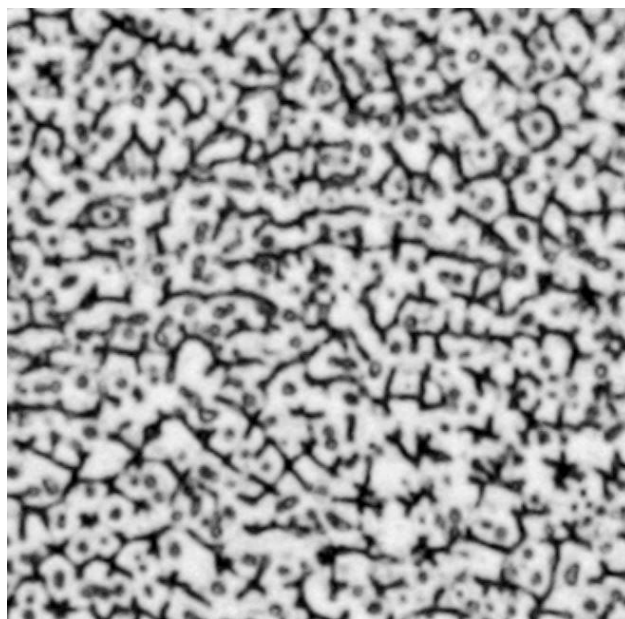


Рисунок 3 – Дендритная структура

Заключение.

Проведено исследование микроструктуры области воздействия электронного луча на нержавеющую сталь X18H10T. Глубина проникновения электронного луча достигает 26 мм, при этом образуется область расплава, ширина которой зависит от времени и интенсивности воздействия. Структура зоны расплава состоит из столбчатых и равноосных дендритных кристаллов феррита и первичного аустенита, в зависимости от темпов роста и теплового градиента. Высокая скорость затвердевания в центре и нижней части зоны расплава приводит к образованию тонкой дендритной структуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. J. A. Brooks and A. W. Thompson Microstructural development and solidification cracking susceptibility of austenitic stainless steel welds//International Materials Reviews 1991 Vol. 36 No.1 p.16-44
2. S.H. Kim, H.K. Moon, T. Kang, C.S. Lee Dissolution kinetics of delta ferrite in AISI 304 stainless steel produced by strip casting process// Materials Science and Engineering A356 (2003) 390-398
3. Mingjun Zhang, Genyu Chen, Yu Zhou, Shenghui Liao Optimization of deep penetration laser welding of thick stainless steel with a 10 kW fiber laser// Materials and Design 53 (2014) 568–576

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»

ПОДСЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД»

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО КОММУТАТОРА ДЛЯ БЕСКОЛЛЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Асташин Дмитрий Игоревич, бакалавр кафедры «ЭиАЭП», e-mail:ast-2001@mail.ru
Научный руководитель - Дорожкин Максим Владимирович, старший преподаватель
e-mail:maxmusicd@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Статья посвящена разработке схемы управления электроприводом электромеханической подвески автомобиля. Представлена структурная блок – схема коммутатора для бесколлекторного двигателя постоянного тока, описаны основные части, и принцип работы. Приведена универсальная принципиальная схема управления для различных типов электродвигателей, рассмотрен принцип ее действия. Описаны возможности применения данных схем в системах автоматического управления с электродвигателями различного типа. Рассмотрены варианты использования различных типов датчиков для определения положения ротора.

Ключевые слова: бесколлекторный двигатель постоянного тока, система автоматического управления, коммутатор, шаговый двигатель, электромеханическая подвеска.

В настоящее время практически все аппараты, имеющие в основе электропривод, оснащаются системой автоматизированного управления (САУ). Важным преимуществом такого решения служит возможность более рационального использования энергоресурсов, за счет удержания параметров состояния системы в требуемом диапазоне значений [1]. Одной из таких систем, требующей автоматизированного управления приводом, является электромеханическая подвеска автомобиля. Электропривод в данной системе осуществляет увеличение или уменьшение клиренса автомобиля – подъем или опускание кузова относительно земли.

В качестве электродвигателя привода, в подобных системах, можно использовать как шаговый двигатель, сервопривод, так и двигатель постоянного тока (ДПТ) и его бесколлекторный вариант (БДПТ). При этом, в результате развития и удешевления современных микроэлектронных средств управления, наиболее перспективным в этом ряду является БДПТ, так как, относительно других типов двигателей, бесколлекторные выигрывают в весе, являются более надежными, эффективными и технологичными [2].

В технической литературе можно встретить множество аналоговых и цифровых схемотехнических решений, обеспечивающих управление подобными типами двигателей [3]. У каждой такой схемы есть свои преимущества и недостатки, определяющие возможности и области их применения.

Современные системы управления, как правило, строятся на базе микроконтроллера и специализированных микросхем, и позволяют применять гибкие алгоритмы работы САУ [1, 4]. Структурная блок – схема подобной системы коммутации для бесколлекторного двигателя постоянного тока представлена на рисунке 1, и включает в себя: микроконтроллер, источник питания (ИП), силовые модули (СМ1...СМn), датчик положения ротора (ДПР1...ДПРn), электродвигатель (ЭД). Силовой модуль состоит из драйвера ключа (ДК) и самого ключа (ТК), функцию которого может, выполняет полевой, биполярный или гибридный IGBT транзистор.

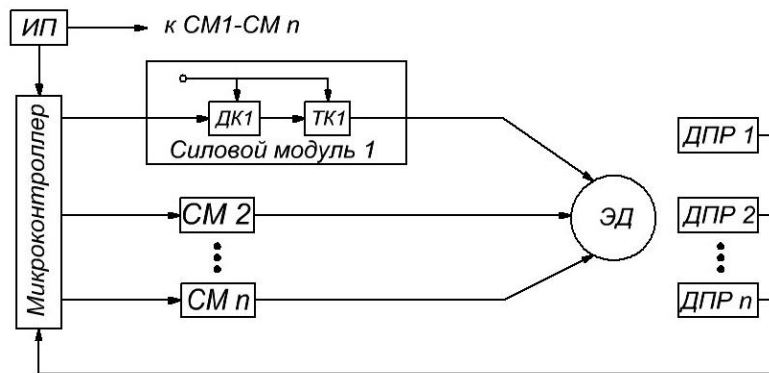


Рисунок 1 – Структурная блок – схема

Принцип работы данной схемы заключается в следующем: датчики положения определяют текущее положение ротора и передают информацию в микроконтроллер. Контроллер, в свою очередь, обрабатывает полученные данные, и в зависимости от заданного алгоритма работы, определяет на какую обмотку двигателя необходимо подать напряжение. После чего на выходе контроллера устанавливается соответствующий управляющий сигнал и передается на силовые модули. В силовом модуле сигнал поступает на вход драйвера ключа, который формирует импульсы управления транзисторными ключами, обеспечивающими коммутацию обмоток электродвигателя с источником питания [3, 4].

Следует сказать, что существуют БДПП в двух исполнениях: с внешним ротором и внутренним [2]. Конструкция первого дает возможность установить внутри пространства статора планетарный редуктор, позволяя таким образом повысить момент двигателя и сделать конструкцию более компактной и эргономичной. Использование двигателя подобного исполнения в приводе системы автоматического управления независимой электромеханической подвески, где требуется компактность, надежность и высокий момент, представляется наиболее перспективным решением.

На рисунке 2 изображена, принципиальная схема управления БДПП. В предлагаемой схеме для определения местоположения ротора предполагается использовать датчики холла, бинарные сигналы с выхода которых поступают на цифровой вход микроконтроллера. В качестве драйверов ключей применяются специализированные микросхемы, представляющие собой формирователь сигналов для управления полевыми или гибридными транзисторами. Такое решение позволяет осуществлять раздельное управление «верхними» и «нижними» ключами в режиме высокоскоростной коммутации [4]. При подаче сигнала с микроконтроллера на входы HIN или LIN драйвер автоматически формирует сигналы необходимого уровня на выходах HO или LO, осуществляя, таким образом управление «верхним» или «нижним» транзисторным ключом. Таким образом, осуществляется организация питания обмоток двигателя посредством коммутации с источником напряжения. Так же, для повышения выходной мощности двигателя имеется возможность одновременного включения двух обмоток.

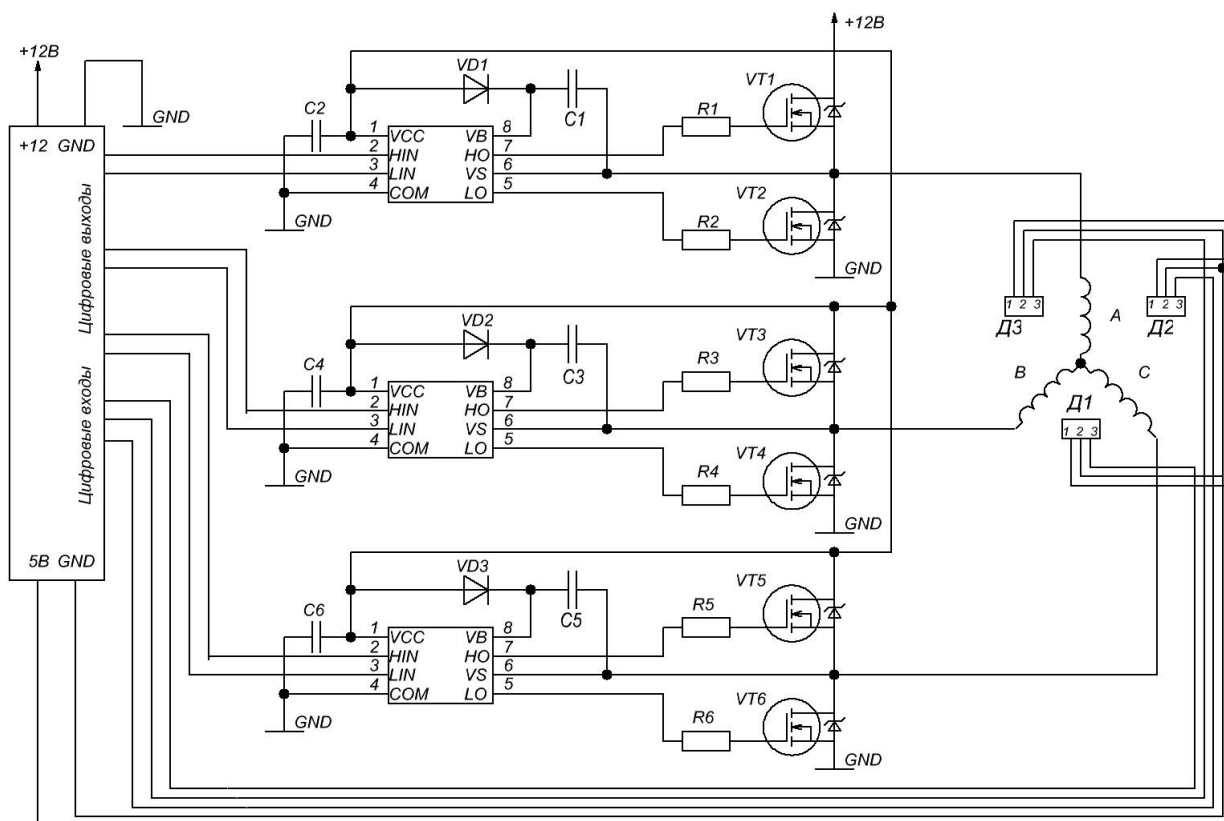


Рисунок 2 – Принципиальная схема управления БДПТ

Представленная схема управления является универсальной, и может быть применена не только для управления бесколлекторным мотором, но и шаговым двигателем, поскольку их конструктивное исполнение достаточно похоже. Она является простой в реализации, эффективной и надежной в работе. Также, в качестве датчиков позиционирования ротора можно использовать не только датчики холла, но и энкодеры, а также любые другие средства определения положения вала и его позиционирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антимиров В. М. Системы автоматического управления: учебное пособие для вузов / В. М. Антимиров; - М.: Издательство Юрайт, 2022. – 91 с.
2. Кацман М. М. Электрические машины / М. М. Кацман. М. 2013. - 496с.
3. Фишер Дж.Э. Электроника от теории к практике / Дж. Э. Фишер, Х.Б. Гетланд. - М.: Энергия, 1980 - 400 с.
4. Болл Ст. Р. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров / Ст. Р. Болл. – М.: ДМК Пресс. 2017. - 354с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ БРОСКОВ НАМАГНИЧИВАЮЩЕГО ТОКА ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА НА ХОЛОСТОЙ ХОД В СРЕДЕ MATLAB-SIMULINK

Богоутдинов Евгений Ринатович, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:bogoutdinov001@mail.ru

Овсепян Ваник Алексанович, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:ovsepyanvanik@yandex.ru

Научный руководитель - Халина Татьяна Михайловна, д.т.н., профессор, e-mail:temf@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной статье рассматриваются проблемы, связанные с переходными процессами, возникающими при включении силовых трансформаторов на холостом ходу. Приводятся основные негативные последствия, возникающие из-за бросков намагничивающего тока, а также их влияние на качество работы электрооборудования, в частности, ложные срабатывания устройств релейной защиты, деформация элементов конструкции трансформатора электродинамическими силами, нагрев и ускоренное старение электрической изоляции. Также в статье производится моделирование бросков намагничивающего тока в среде MATLAB-Simulink и выявляются основные факторы, влияющие на протекание переходного процесса при включении силового трансформатора в режиме холостого хода.

Ключевые слова: переходный процесс, броски тока намагничивания, токи включения, силовой трансформатор, MATLAB-Simulink.

Включение силовых трансформаторов на холостом ходу (ХХ) сопровождается бросками токов намагничивания, значения которых могут в сотни и тысячи раз превышать ток ХХ трансформатора и в 4-6 раз его номинальный ток [1,2]. Это вызвано переходными процессами, возникающими при изменении режима работы трансформатора, и невозможностью мгновенного установления магнитного потока в принужденное состояние, что приводит к превышению номинального значения магнитного потока более чем в два раза, в результате чего происходит сильное насыщение сердечника и возникновение ещё больших токов намагничивания [3], которые могут достигать значений ударного тока короткого замыкания (КЗ). Сопоставимость бросков тока при включении на ХХ с значениями ударных токов КЗ вызывает трудности при конструировании и настройке релейной защиты трансформаторов, так как она воспринимает эти броски как токи КЗ, в результате чего происходит ложное срабатывание и отключение только что включенного трансформатора от сети. Наблюдаются случаи, когда из-за ложных срабатываний аппаратов релейной защиты трансформаторы вообще не включаются. Также возникает опасность повреждения трансформаторов электродинамическими силами, возникающими при бросках тока на холостом ходу. Так, например, имели место аварии электропечных трансформаторов, работавших в режиме частых включений, из-за электродинамических сил, вызываемых большими токами включения [4]. Помимо всего вышперечисленного ускоряется процесс старения и разрушения электрической изоляции обмоток за счет присутствия в ней газовых включений, которые в результате воздействия высокочастотного электрического поля, порождаемого высшими гармониками намагничивающего тока, ионизируют с образованием объемных зарядов и их последующей нейтрализацией с выделением тепловой энергии.

Для моделирования переходных процессов предварительно был произведён расчёт параметров модели трёхфазного двухобмоточного трансформатора с учётом нелинейности его характеристики намагничивания и была разработана соответствующая модель силового трансформатора ТМГ21-1000/10(6)-0,4 в среде MATLAB-Simulink.

На рисунках ниже представлены осциллограммы токов фаз трансформатора при включении его на ХХ при различных условиях ($I_{НОМ} = 58A$).

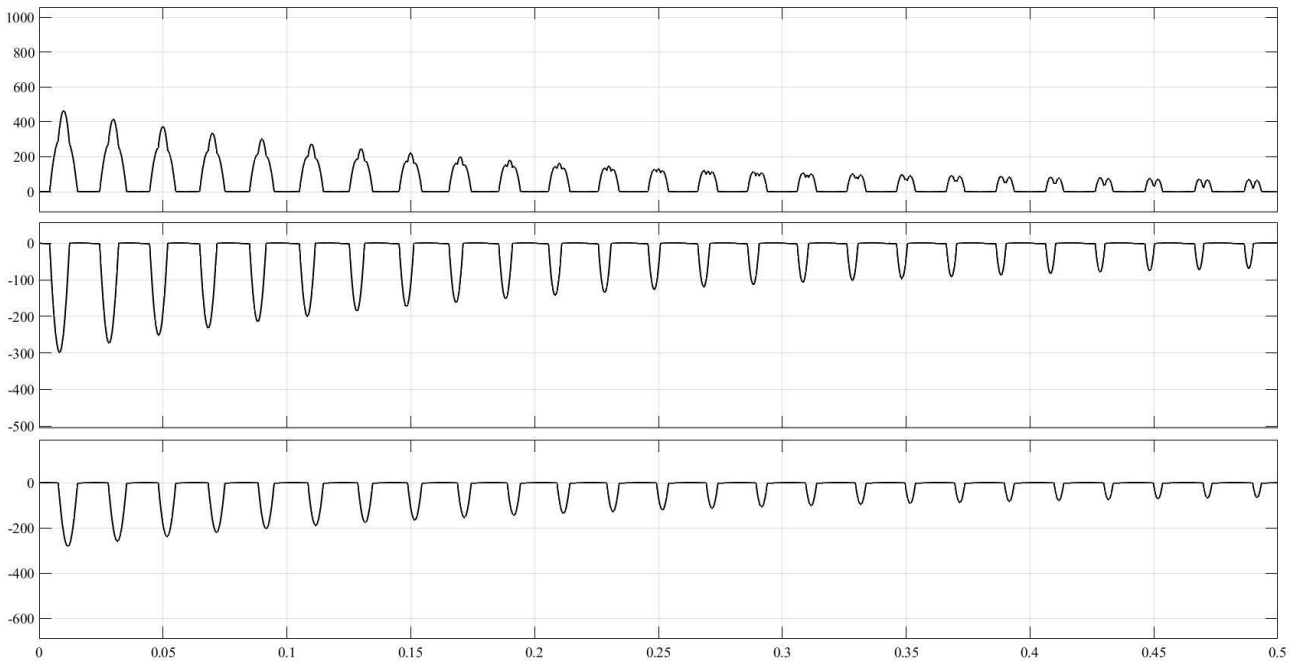


Рисунок 6 – Осциллограмма токов фаз трансформатора при $\psi_A = 0^\circ$ и $B_r = 0$

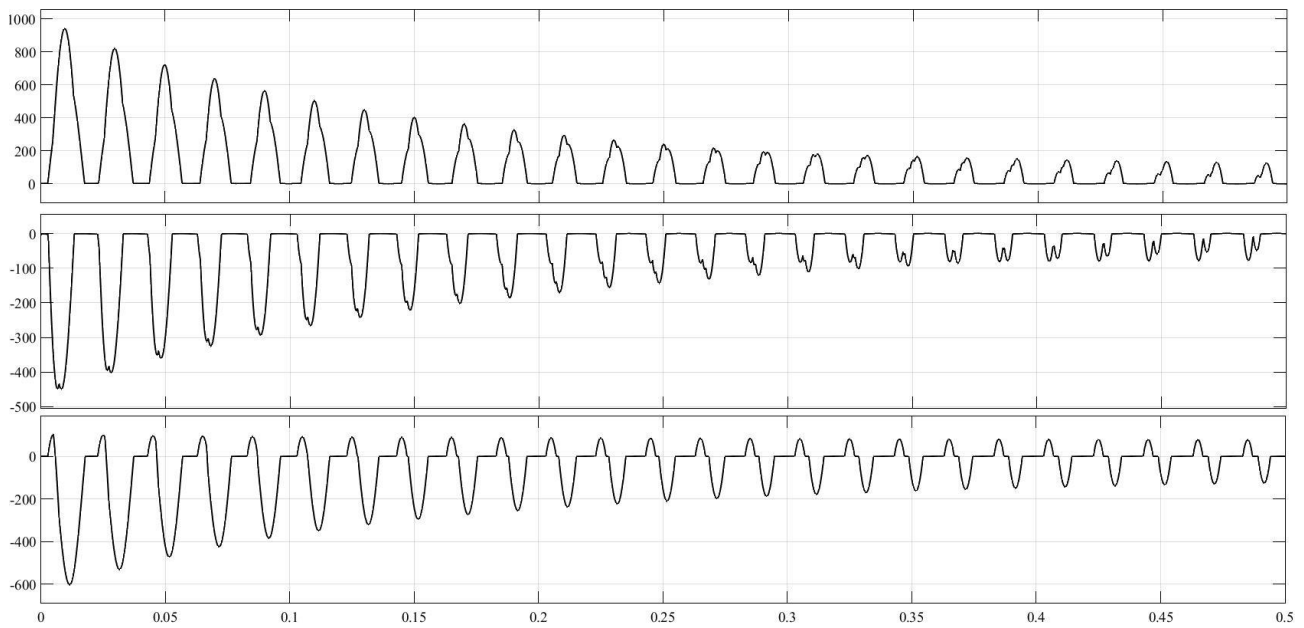


Рисунок 7 – Осциллограмма токов фаз трансформатора при $\psi_A = 0^\circ$ и $B_r = 0,4B_H$

Как видно из представленных выше рисунков, значение остаточной намагниченности в стержнях существенно влияет на величину бросков тока намагничивания, следовательно, для борьбы с ними имеет смысл размагничивать магнитопровод трансформатора перед его включением. Однако, путём многократного моделирования, а также на основании известных теоретических сведений при различном распределении остаточной магнитной индукции в стержнях магнитопровода трансформатора существует такой момент включения относительно фазы напряжения U_A (или относительно напряжения любой другой из фаз), который можно считать оптимальным и при котором броски тока будут минимальными.

Так, для моделируемого случая наиболее благоприятными являются моменты включения при фазе напряжения U_A в диапазоне 150-190 эл. градусов.

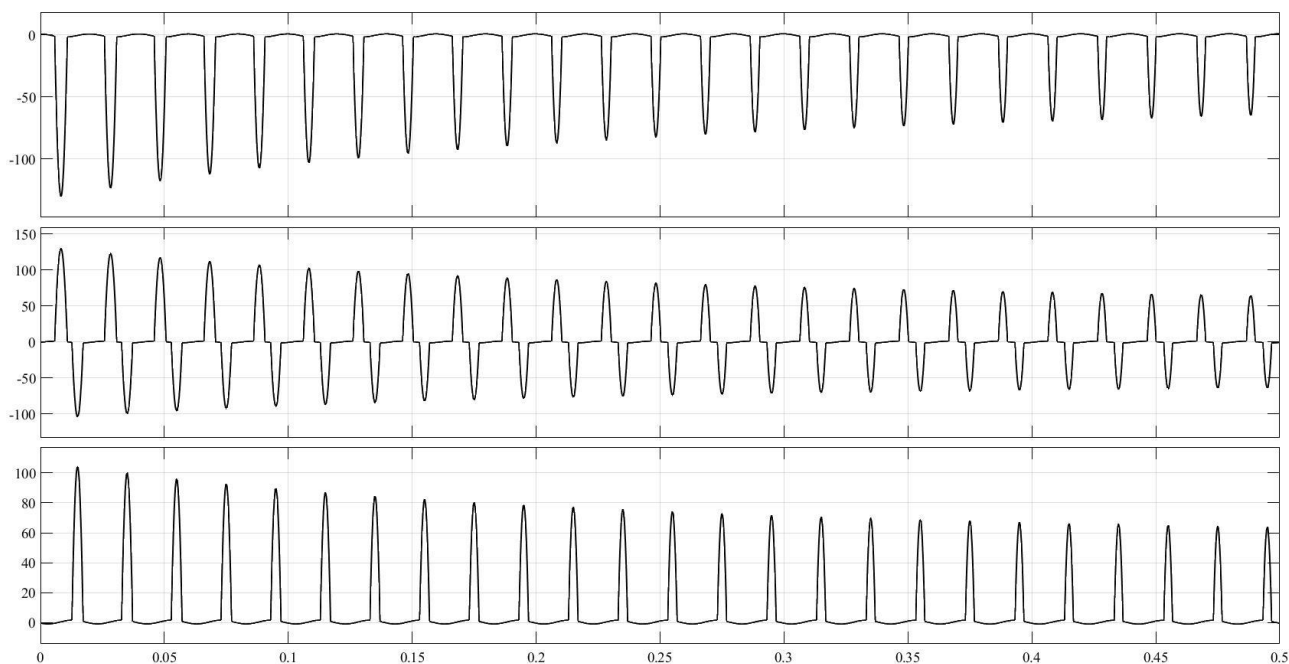


Рисунок 8 - Осциллограмма токов фаз трансформатора при благоприятном моменте включения ($\psi_A = 180^\circ$)

Исходя из всего вышеизложенного можно заключить, что броски токов намагничивания негативно влияют на качество электроэнергии и на состояние электрооборудования, а также вызывают трудности при настройке релейной защиты. Следовательно, актуальным является вопрос создания устройства безударного пуска силовых трансформаторов с целью существенного уменьшения величины бросков тока намагничивания и вызываемых ими негативных явлений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Электродинамическая стойкость трансформаторов и реакторов при коротких замыканиях / составитель и редактор А. А. Лурье. – М.: Изд-во «Знак», 2005. – 520 с.: ил.
2. Костенко М.П. Электрические машины. В 2 частях. Ч. 1. Машины постоянного тока. Трансформаторы: учебник для студентов высших технических учебных заведений / М.П. Костенко, Л. М. Пиотровский. – 3-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Энергия, 1972. – 544 с.: ил.
3. Вольдек А.И. Электрические машины: учеб. для студентов высш. техн. учебн. заведений / А.И. Вольдек. – 3-е изд., перераб. – СПб.: Энергия, 1978. – 832 с.: ил.
4. Силовые трансформаторы. Справочная книга / Под ред. С.Д. Лизунова, А.К. Лоханина. М.: Энергоиздат, 2004. – 616 с.

СОЗДАНИЕ И ПОДДЕРЖАНИЕ МИКРОКЛИМАТА ДЛЯ ШКАФОВ ОБОГРЕВА И ПИТАНИЯ ПРОВОДОВ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ РАЗЪЕДИНИТЕЛЕЙ

Володин Артем Андреевич, магистр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:coolcresna22@gmail.com

Научный руководитель - Ведманкин Александр Васильевич, ст. преподаватель,
e-mail:eletok.pto@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Использовали на практике электрообогреватель для обогрева расцепителя в целях его защиты от конденсата.

Ключевые слова: микроклимат шкафа, композиционный электрообогреватель, защита от конденсата, обогрев расцепителя, системы обогрева.

В результате последних событий в мире, наибольшие инвестиции вкладывают в развитие внутреннего рынка, особенно касается это сферы туризма. Благодаря уникальной природе Сибири, и увлечению людей горными лыжами широкое развитие получает горнолыжный курорт Шерегеш, который хотят превратить в курорт мирового уровня. Премьер-министр РФ Михаил Мишустин 6 марта 2021 года подписал документ, согласно которому более 3 миллиардов рублей будут использованы для непосредственного улучшения инфраструктуры Шерегеша, как например, строительство новой дорожной сети, так и улучшения самого горнолыжного курорта, планируется увеличить протяженность горнолыжных трасс, чтобы это число стало превышать 10 км, обеспечивая конкурентоспособность курорту на рынке туризма. Для этих трасс будет возведена транспортная инфраструктура, главным свойством которой будет являться взаимосвязь с каждым из 4 секторов. В эту транспортную инфраструктуру будут входить бугельные электроподъемники и система фуникулеров.

Создание любых новых туристических кластеров требует дополнительной электроэнергии, в связи с чем также происходит новое строительство ЛЭП и ОРУ, где обязательными требованиями являются шкафы управления с электрообогревом высоковольтных приводов разъединителей. Низкие температуры не только приводят к заметному ухудшению работоспособности комплектующих электрического шкафа, но также и создают условия для образования конденсата внутри него, что может и вовсе привести к выходу из строя электрических составляющих в шкафу, а также и поломке тех объектов, для управления которыми и были использованы шкафы управления, как например электроподъемники и фуникулеры.

Существует достаточное множество видов обогрева, такие как: паровое, водяное, лучистое, воздушное, с помощью электрических обогревателей. Но все эти обогреватели для использования в качестве обогрева и защиты от конденсата внутри электрических шкафов неэффективны, а также в некоторых случаях неуместны, из-за своих габаритов, сложностью подключения и непосредственного монтажа в шкаф, а также экономической составляющей. Лучшим решением для устранения проблемы обеспечения корректной работы электрооборудования и антиобразования конденсата внутри электрического шкафа является использование наноструктурных композиционных резиновых электрообогревателей [1], по следующим причинам рассмотренным далее. Удобство монтажа – электрообогреватель может быть изготовлен в разных размерных решениях, в зависимости от задач, а также его будет просто установить внутри шкафа. Экономическая целесообразность – невысокая стоимость изготовления по сравнению с альтернативами, для работы будет требоваться только электропитание. Высокая долговечность, устойчивость к агрессивным средам и износостойкость – это также те черты, которые делают резиновые композиционные электрообогреватели наилучшим вариантом среди других обогревателей, в данных условиях. Отсутствие необходимости в установке дополнительных компонентов для регулировки и управления композиционным электрообогревателем, т.к. данный вид электрообогревателя имеет способность к саморегулированию своей температуры [2].

В данной статье авторами была проведена работа по разработке электрической принципиальной схемы управления электрическим шкафом высоковольтных разъединителей. Исходя из этой схемы реализовали и изготовили электрический шкаф управления, показанный на рисунке №1.

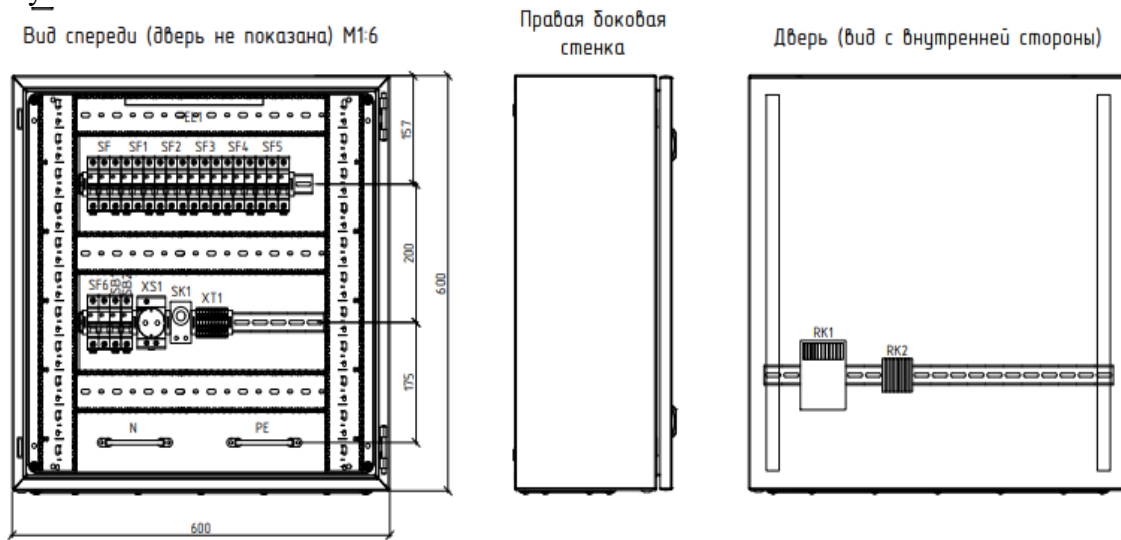


Рисунок 1 – Схема шкафа управления высоковольтным разъединителем

В данный электрический шкаф входят следующие комплектующие: выключатель автоматический, клеммные зажимы, кнопки управления, шина нулевая и заземляющая, а также термостат.

Как было ранее описано, для сохранения стабильной тепловой температуры используется низкотемпературный композиционный обогреватель [3], представленный на рисунке №2.



Рисунок 2 – Наноструктурный композиционный резиновый электрообогреватель

Для поддержания температуры применяется термостат, если заданная температура отклоняется, то он выключается или включается в соответствии с установленными пределами. На металлической поверхности установлено низкотемпературное отопление, эта металлическая поверхность является естественным отводом тепла [4]. Для того чтобы избежать

потерь тепла, внутренняя часть шкафа или двери предусматривает теплоизоляцию из фольгированного утеплителя, который крепится к поверхности с помощью вспененного клея. Электрический шкаф, с присоединенным резиновым электрическим обогревателем на фольгированный утеплитель, представлен на рисунке №3.



Рисунок 3 – Электрический шкаф с вмонтированным электрообогревателем

Благодаря установке наноструктурного композиционного резинового электрообогревателя в шкаф управления на производстве, мы смогли на практике удостовериться в том, что такой метод обогрева является более оптимальным по сравнению со своими альтернативами, а также проверить что положительные характеристики резинового электрообогревателя, дающие превосходство в сравнении с аналогами, в действительности предоставляют преимущество в решении проблемы обогрева и создания микроклимата в шкафу управления. Также важным фактом является то, что этот эксперимент нам удалось провести в условиях с агрессивной средой очень приближенной к той, что имеет место в действительности и выяснить, что температура внутри шкафа остается положительной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Халина Т.М. Энергоэффективные композиционные электрообогреватели для систем поверхностно-распределенного обогрева [Текст] / Т. М. Халина, М. В. Халин, А. Б. Дорош // Ползуновский вестник. – 2012. – № 4. – С. 110-115.
2. Теоретические и проектно-конструкторские разработки методов и средств локального обогрева на основе многоэлектродных композиционных электрообогревателей для АПК [Текст]: отчет о НИОКР / ООО «ЭнергоЭффектТехнология»; М.В. Халин, Т.М. Халина, А.Б. Дорош, М.Н. Строков. – Барнаул, 2007. – 137 с. – № ГР 02200705907.
3. Халина Т.М., Дорош А.Б., Халин М.В., Ведманкин А.В., Востриков Е.И. Определение стабильности эксплуатационных характеристик композиционных электрообогревателей для агропромышленного комплекса. - 2022. - №3. - С.108-115.
4. Кудрявцев И. Ф. Электрический нагрев и электротехнология [Текст] / И.Ф. Кудрявцев, В.А. Карасенко. – М.: Колос, 1975. – 384 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С СИСТЕМОЙ СЛЕЖЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Гаранин Максим Евгеньевич, магистрант кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: vsalem0@gmail.com

Научный руководитель - Федянин Виктор Яковлевич, д.т.н., профессор,
e-mail: fedyanin054@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Применение экологически чистых источников электроэнергии предотвращает загрязнение среды и попадание вредных веществ в продукцию, производимую сельскими хозяйствами. В сельскохозяйственных условиях проектируемая электростанция должна решать ряд проблем, таких как: установка солнечных панелей (СП) на высоте недоступной для скота, электростанция должна иметь автоматизированную систему управления ориентирования фотоэлектрических модулей, возможность безопасного обслуживания солнечных панелей (СП).

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, солнечная радиация (СР), солнечные панели, солнечные коллекторы, системы слежения, сельское хозяйство.

До сих пор важной проблемой сельского хозяйства является обеспечение электроэнергией потребителя, в особенности эта проблема затрагивает территории, расположенные вне досягаемости ЛЭП. В таких случаях электроэнергия производится установленными по месту дизель генераторами. Из этого вытекают проблемы доставки топлива в периоды распутицы, экологическое загрязнение территорий сельского хозяйства, что непременно скажется на качестве продукции. В случае утечки топлива возникают экологические катастрофы. Одним из вариантов решения данных проблем является установка солнечных электростанций.

Проектирование солнечной электростанции состоит из трех частей:

1. Расчет ресурсов солнечной радиации.

Мощность прямого солнечного излучения на произвольноориентированную площадку площадью $F(\text{м}^2)$ на Земле в любой момент времени ($R_F(t)$) определяется следующим соотношением:

$$R_F(t) = R(t) \cdot \cos \theta^0(t), \quad (2)$$

где $R(t)$ – мощность потока прямого солнечного излучения на поверхности Земли на приемную площадку, перпендикулярную $R_m(t)$;

θ^0 (град) – угол падения СР [1].

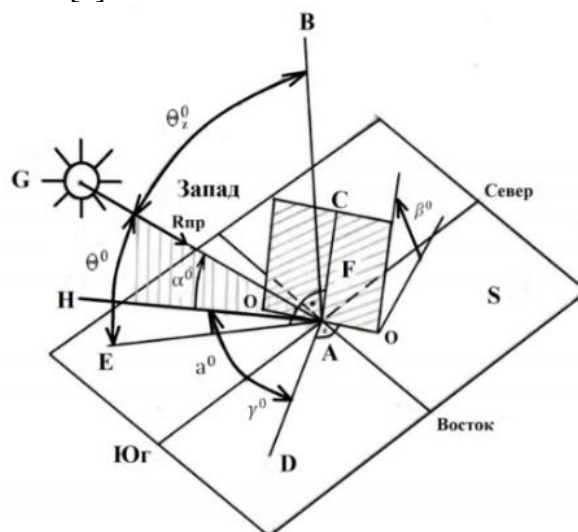


Рисунок 1- Геометрия приемной площадки

Для определения угла падения солнечной радиации воспользуемся формулой:

$$\cos \theta = \cos(\beta) * \sin(\alpha^0) + \sin(\beta) \cos(\alpha^0) \cos(\gamma^0 - \alpha^0) \quad (3)$$

где β^0 —угол наклона приемной площадки, рад;
 α^0 —азимут солнца, где за 0° принято направление на ЮГ, рад;
 γ^0 —угол поворота приемной площадки, где за 0° принято направление на ЮГ, рад;
 α^0 —высота солнца над горизонтом, рад.

2. Проектирование кронштейна для солнечных панелей.

Конструктивно кронштейн состоит из опоры, поворотного механизма, наклонного механизма и механизма спуска панелей.

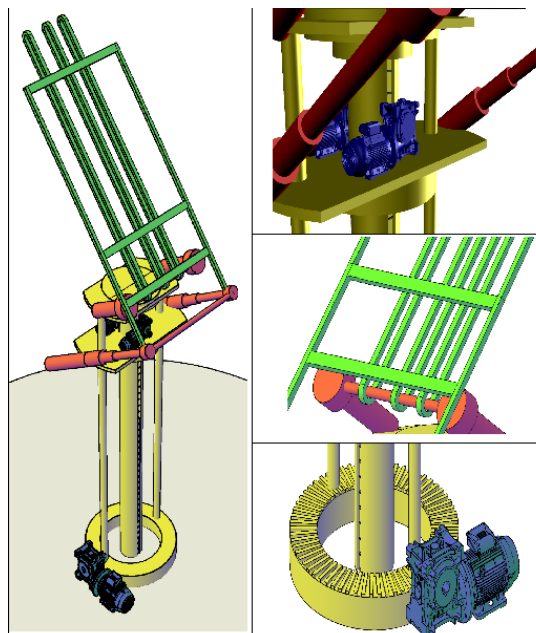


Рисунок 2 - Конструкция кронштейна для солнечных панелей

Опора выбирается исходя из нагрузочных характеристик, веса и площади установленных ФЭ панелей. Конструктивной особенностью являются пазы, предназначенные для работы подъемного механизма.

Поворотный механизм состоит из электропривода (ЭП), придающего вращение конструкции, двух стержней, передающих вращение на главные элементы конструкции. Стержни закреплены между верхним и нижним основаниями. Верхнее основание включает в себя неподвижный блок, жестко закрепленный на опоре, и подвижный блок с установленными на его поверхности креплениями для СП. Нижнее основание представляет собой подъемный блок, осуществляющий вертикальное движение и поворотный механизм с установленным на его поверхности наклонным механизмом. Наклонный механизм состоит из пневматических поршней, жестко закрепленных на поворотном блоке нижнего основания и устройства для крепления солнечных панелей. Механизм спуска панелей состоит из нижнего основания и закрепленного на его поверхности электропривода. Описанная конструкция позволяет осуществлять оптимальную ориентацию солнечных панелей в пространстве и осуществлять техническое обслуживание оборудования.

3. Разработка автоматизации солнечной электростанции.

В основе устройства, определяющего ориентацию фотоэлектрического модуля относительно солнца, лежат фотоэлектрические датчики, представляющие собой фоторезистор. Датчики располагаются по центру граней фотоэлектрического модуля и направлены под углом 80° к солнечной панели. Таким образом, при попадании лучей под прямым углом на поверхность солнечного модуля, фотодатчики, расположенные напротив, будут иметь одинаковое сопротивление. Если же сопротивления датчиков отличаются между собой, то поворотный механизм будет двигаться до тех пор, пока сопротивление лежащих по разные стороны модуля датчиков не станет равным [2].

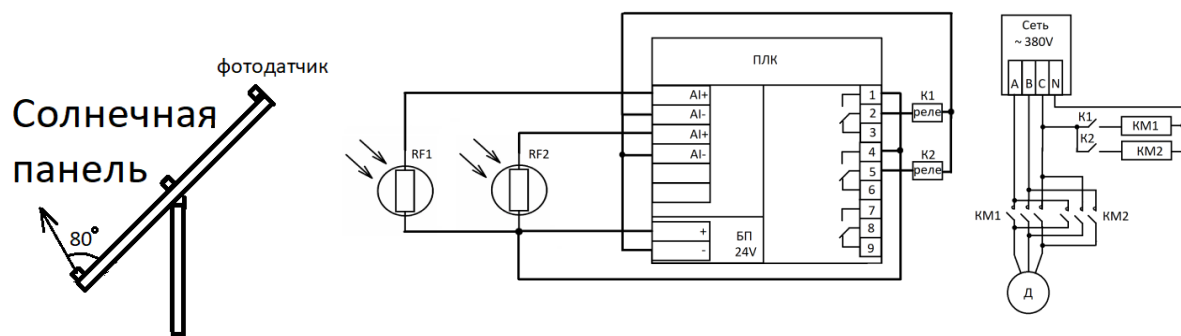


Рисунок 3 – Схема управления системой ориентирования фотоэлектрического модуля: RF1, RF2 – фотоэлектрические датчики; ПЛК – программируемый логический контроллер; AI+, AI- – Аналоговые входы ПЛК; БП – Блок питания 24V; 1,2...9 – управляемые выходы ПЛК; K1, K2 – Реле; А, В,С, N – трехфазная система питания с нейтральным проводом; KM1, KM2 – контактор трехфазный, Д – двигатель.

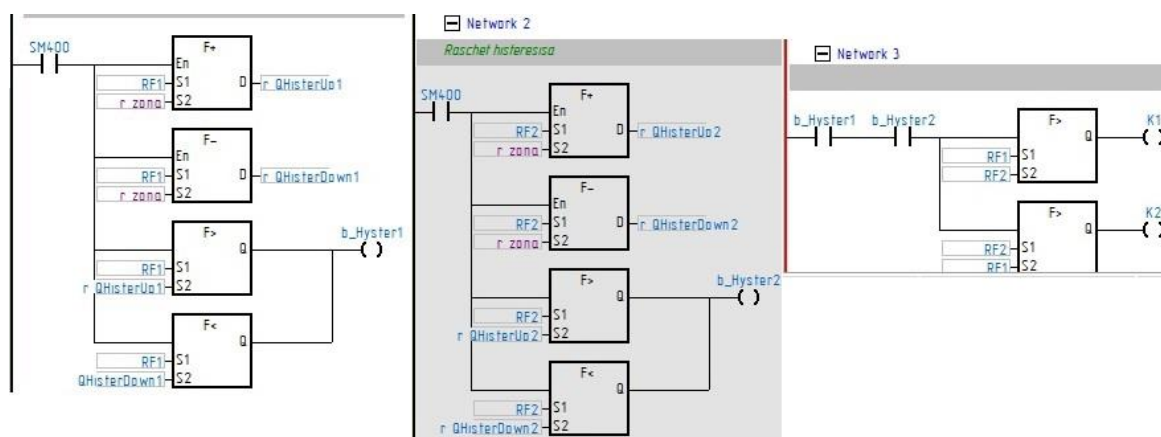


Рисунок 4 – Схема передачи сигналов ПЛК

Система работает следующим образом. Когда солнечные лучи поступают на фотоэлектрический модуль под эффективным углом, то значения, поступающие с фотодатчиков на аналоговые входы контроллера, будут находиться в зоне гистерезиса и регулировка происходить не будет. По мере движения Солнца значения выходных параметров с фотодатчиков будут изменяться, и в момент, когда они выйдут из зоны не регулирования, произведется сравнение двух входных сигналов на выявление наибольшего. Пусть наибольшее значение будет у фотореле RF1, тогда питание получит реле K1 и замкнет свой контакт в цепи управления двигателя. Получит питание контактор KM1 и подключит двигатель к сети и будет производиться регулирование. Когда значения входных параметров войдут в зону гистерезиса, регулирование прекратится. Схема регулирования наклона аналогична [3].

Разработанный проект позволяет решить проблемы электроснабжения сельских потребителей с помощью возобновляемого источника электроэнергии – солнечной радиации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К., СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: учебное пособие для вузов / Под ред. В.И. Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 320 с.
2. Волчкевич Л.И. Автоматизация производственных процессов: учебное пособие / Л.И. Волчкевич. – 2-е изд., стер. – Москва: Машиностроение, 2007. – 380 с.
3. Вдовин Е.В. Учебно-методический комплекс по системе автоматизации Delta Electronics, Inc: [Электронный ресурс]. Режим доступа \ https://www.saa.su/Manual/DELTA/DVP-PLC_aplication%20manual_rus.pdf (дата обращения: 27.03.2023).

ДВУХЗОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ СИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Давыдов Артем Евгеньевич, аспирант кафедры «Электропривода и автоматизации промышленных установок», e-mail: a.e.davydov@corp.nstu.ru

Научный руководитель - Боченков Борис Михайлович, к.т.н., доцент,
e-mail: bochenkov@corp.nstu.ru

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

Рассмотрены существующие системы управления как синхронным, так и асинхронным электродвигателем. В результате обзора даны рекомендации по решению проблемы добавления двухзонного управления.

Ключевые слова: поле ориентированное управление, модернизация, двухзонное управление, СДПМ.

Синхронный двигатель с постоянными магнитами (СДПМ) является широко используемым приводом для металлорежущих станков. Однако, для достижения оптимальной производительности и качества резки, необходимо разработать эффективные алгоритмы управления. В данной работе мы представляем новый алгоритм двухзонного управления СДПМ, который обеспечивает стабильность ЭДС и постоянство мощности во всем диапазоне скоростей.

Целью данной работы является улучшение качественных показателей резки металлорежущего станка путем разработки алгоритма двухзонного управления СДПМ. Для достижения этой цели мы решаем следующие задачи:

1. Разработка алгоритма двухзонного управления СДПМ, который обеспечивает стабильность ЭДС и постоянство мощности во всем диапазоне скоростей.
2. Исследование эффективности нового алгоритма управления на примере резки различных типов материалов.
3. Сравнение нового алгоритма управления с традиционными методами управления.

Основная научная новизна данной работы заключается в разработке алгоритма двухзонного управления СДПМ, который обеспечивает двухзонное регулирование и стабилизацию ЭДС во второй зоне при постоянном $\cos\varphi = 1$, что обеспечивает постоянство мощности во всем диапазоне скоростей. Также была реализована возможность снижения установленной мощности оборудования путем достижения высоких скоростей при ограниченном напряжении. В отличие от традиционных методов управления, предлагаемый алгоритм не требует ослабления магнитного поля в двигателях с электромагнитным возбуждением, а реализуется путем введения размагничивающей реакции якоря, т.е. введение тока по оси d.

Разработанный алгоритм двухзонного управления СДПМ был протестирован на металлорежущем станке при резке различных типов материалов. Результаты показали, что новый алгоритм обеспечивает более стабильную работу двигателя и более точное регулирование скорости в сравнении с традиционными методами управления.

Сравнение нового алгоритма с традиционными методами управления показало, что разработанный алгоритм имеет ряд преимуществ, таких как возможность достижения высоких скоростей при ограниченном напряжении.

В данной работе был разработан новый алгоритм двухзонного управления СДПМ для металлорежущих станков, который обеспечивает стабильность ЭДС и постоянство мощности во всем диапазоне скоростей. Результаты тестирования показали, что новый алгоритм является более эффективным по сравнению с традиционными методами управления.

Таким образом, разработанный алгоритм может быть широко использован в промышленности для повышения качественных показателей металлорежущих станков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вольдек А.И. Электрические машины. Машины переменного тока: Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2010 – С. 196.

2. Ледовский А.Н. Электрические машины с высококоэрцитивными постоянными магнитами. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – С. 19.
3. Новожилов А.Н., Полищук В.И. Выбор метода расчета магнитного поля для определения параметров КИП // Известия вузов. Электромеханика. – 1993. – No 7. – С. 37–39.
4. Вольдек А.И., Данилевич Я.Б. Электромагнитные процессы в торцевых частях электрических машин. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 213 с.

АНАЛИЗ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ И УСТРОЙСТВАХ

Девянин Александр Александрович, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:aleksandr-devyanin@bk.ru
Научный руководитель - Дорош Александр Борисович, к.т.н., доцент,
e-mail:Aldorosh@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Произведен анализ сложившихся направлений в развитии электросетевого и электротехнического хозяйств. Определены основные приоритеты в работе энергокомпаний России и мира – надежное электроснабжение потребителей и высокое качество электроэнергии. Выявлена важная угроза обеспечению надежного электроснабжения – атмосферные перенапряжения. Установлено, что одними из наиболее уязвимых к перенапряжениям аппаратов являются электронные устройства, в основе которых лежит микроэлектроника и полупроводниковые структуры. В связи с этим возникает необходимость в обеспечении надежной защиты данных приборов от перенапряжений.

Ключевые слова: цифровизация, электроснабжение, перенапряжение, надежность, современные технологии.

На нынешнем этапе развития науки и техники наметилась тенденция к увеличению потребления электроэнергии. Так, согласно прогнозу ИНЭИ РАН, к 2040 году мировое потребление электроэнергии достигнет 40000 ТВт*ч [3]. Этому способствует рост городов, строительство новых, современных заводов и фабрик, развитие электротранспорта. Вообще, современный мир сложно представить без электричества. Каждое отключение электроэнергии негативно воспринимается потребителями, нарушает их привычную, комфортную и безопасную жизнь. Всё это требует не только увеличения количества выдаваемой электроэнергии, но и повышения её качества, а также надежности электроснабжения.

Обеспечение высоких показателей надёжности электроснабжения является важным пунктом в программах развития российских и мировых энергокомпаний. Большую опасность для электрических сетей и приемников электроэнергии представляют перенапряжения. Они, в основном, подразделяются на четыре вида: атмосферные; коммутационные (возникают в результате переключений); переходные (вызваны токами промышленной частоты); электростатические (возникают в результате электростатических воздействий). Наиболее опасными из них являются атмосферные (грозовые) перенапряжения, возникающие при прямых ударах молнии в электроустановку или при ударах молнии в непосредственной близости от нее. В частности, по статистике ПАО «ФСК ЕЭС», причиной большинства аварий (29%) на линиях 110 кВ и выше являются грозы [1]. Для данной разновидности атмосферных явлений характерна высокая величина номинала напряжения, которая может достигать нескольких десятков тысяч вольт за период времени до 1 мс. Такие мощные потоки энергии не выдерживают не только сами сети, но и различные типы оборудования.

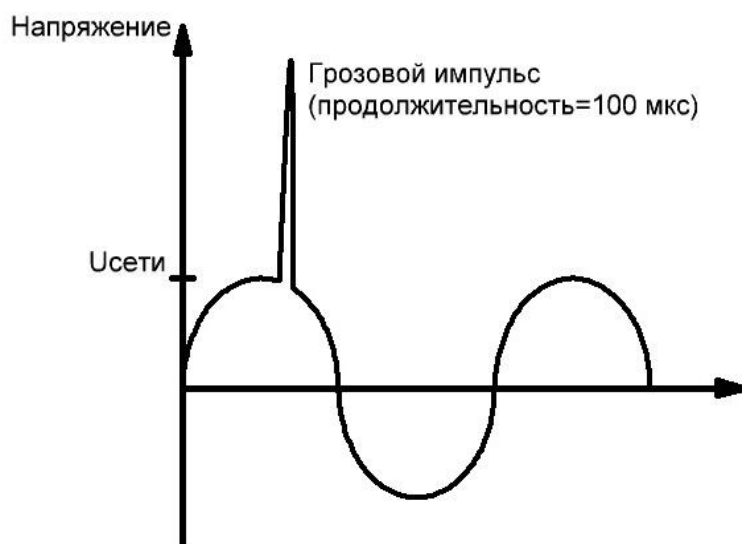


Рисунок 9 – Осциллограмма атмосферного перенапряжения

В связи с этим стоит также учитывать и то, что в настоящее время широкое применение в быту и на производстве получают цифровые устройства и технологии. Так, согласно концепции «Цифровая трансформация 2030» компания «Россети» планирует внедрить в свои технологические и бизнес-процессы целый спектр цифровых технологий – цифровые подстанции, промышленный интернет вещей, цифровые двойники и т.д. [2]. Эти технологии базируются на микроэлектронных устройствах. Микросхемы и полупроводниковые структуры, лежащие в основе таких устройств, крайне чувствительны к превышению допустимого уровня напряжения – в них могут наблюдаться деградация электрических параметров или катастрофические отказы (на рисунке 2 представлена выгоревшая в результате перегрузки по напряжению микросхема) [4]. К тому же, зачастую такие устройства недешевы, а также сложны в ремонте в случае неисправности. Поэтому такие устройства требуют надежной защиты от возможных перегрузок.



Рисунок 10 – Выгоревшая микросхема на плате

Всё вышеперечисленное позволяет сделать вывод о том, что современные тенденции в развитии электротехнического и электросетевого хозяйств рождают необходимость в повышении надёжности электроснабжения потребителей, а также качества электроэнергии. Особое внимание следует уделить защите электроустановок от различных перенапряжений, в первую очередь от атмосферных. В особенности это относится к современной радиоэлек-

тронной аппаратуре (компьютеры, микроконтроллеры и т.д.), построенной на микросхемах и полупроводниках, крайне чувствительных к перенапряжениям. Причем, для таких устройств крайне важным аспектом является быстродействие защитной аппаратуры [4]. К сожалению, большинство ныне используемых устройств защиты не отвечает данному требованию, ввиду чего возникает необходимость в разработке нового, быстродействующего ограничителя перенапряжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Годовой отчет Публичного акционерного общества «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» за 2021 год // URL: https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/2022_06_30%20Smart-pdf%20Annual%20Report%20FSK%202021.pdf (дата обращения: 02.04.2023).

2. Концепция «Цифровая трансформация 2030» Публичного акционерного общества «Россети». – Москва: [б. и.], 2018 - . - URL: https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf (дата обращения: 02.04.2023).

3. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина; ИНЭИ РАН – Московская школа управления СКОЛКОВО – Москва, 2019. – 210 с.

4. Черепанов В.П. Электронные приборы для защиты РЭА от электрических перегрузок: справочник / В.П. Черепанов, А.К. Хрулев, И.П. Блудов. – Москва: Радио и связь, 1994. - 224 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ «ДИКТУЮЩАЯ ТОЧКА»

Елишев Антон Викторович, магистрант кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: vev5555@mail.ru

Научный руководитель – Григорьев Алексей Владимирович, старший преподаватель, e-mail: main@argum.pro

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной статье рассмотрена эффективность существующих объектов водоснабжения, а также применяемые на данный момент способы поддержания постоянного и стабильного давления воды у потребителя при минимальном расходе электрической энергии в условиях изменяющегося во времени потребления воды с использованием частотно-регулируемого привода. Рассмотрено типовое устройство диктующей точки и возможные места ее установки.

Ключевые слова: частотный преобразователь, насосное оборудование, водоснабжение, диктующая точка, датчик давления, эффективность водоснабжения.

В настоящее время в Алтайском крае для поддержания постоянного давления в сети водоснабжения на объектах ЖКХ все чаще используются частотно-регулируемые приводы, которые отлично показали себя с точки зрения экономии электрической энергии при поддержании постоянного давления в сети благодаря изменению давления за счет скорости вращения привода насоса.

Для поддержания постоянного давления в сети преобразователи частоты работают в паре с преобразователями (датчиками) давления, которые обеспечивают обратную связь о текущем давлении в напорном трубопроводе. Преобразователь давления обычно устанавливается в коллекторе после насосной установки. Такая система имеет ряд недостатков. В случае если потребитель находится на возвышенности относительно насосной станции, то давление на выходе, в кране, может оказаться ниже необходимого, кроме того, такая система не учи-

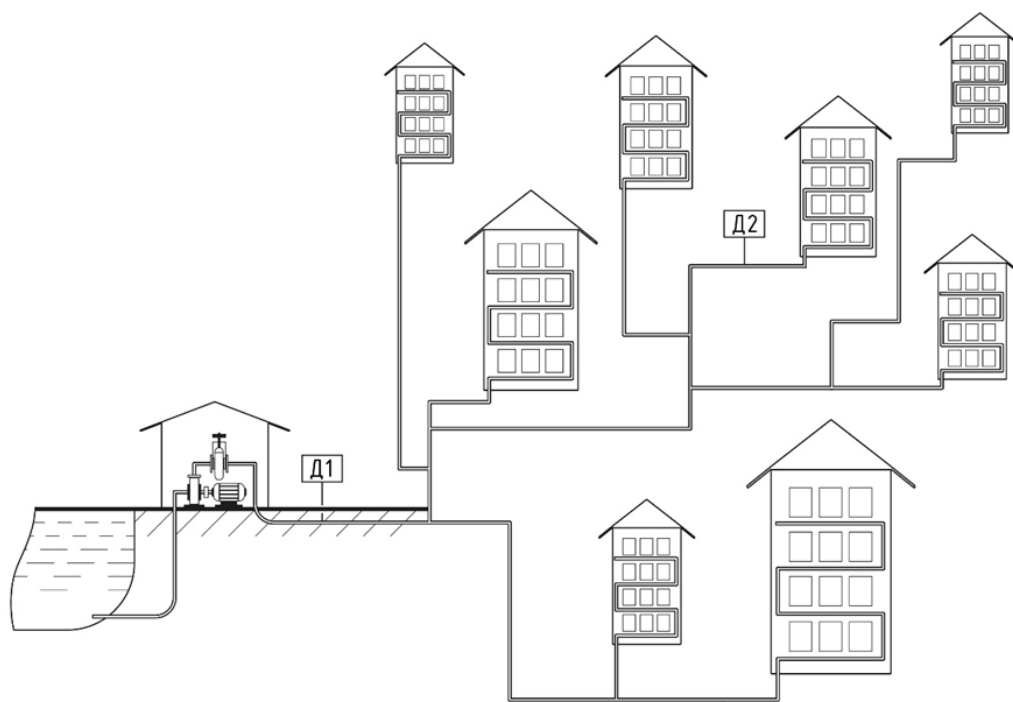
тывает трение жидкости о трубу, что при увеличении расхода приводит к уменьшению давления у удаленных потребителей при постоянном давлении на выходе насосной станции.

Увеличение установленного на выходе станции давления позволяет компенсировать указанные проблемы, однако, это приводит к увеличению расхода электрической энергии, что в условиях подорожания энергоресурсов нежелательно. Кроме того, увеличение давления приводит к увеличению износа запорной арматуры и трассы водоснабжения. Согласно проведенному анализу данных о режимах работы существующих повысительных насосных станций, более 80 % из них поддерживают излишнее давление в сети. В среднем величина излишнего давления составляет 8,6 %. При исключении излишнего давления энергопотребление насосных станций может снижаться на 15–20 %.

В настоящее время для сокращения энергозатрат на крупных объектах водоснабжения применяется корректировка установленного давления на выходе насосной станции в зависимости от времени суток, увеличивая установленное давление во время утреннего и вечернего максимумов и уменьшая в остальное время. Отметим, что такой способ разгрузки не является оптимальным. Он приводит к уменьшению устойчивости водоснабжения, а также приводит к высвобождению воздуха в трассе, что приводит к увеличению износа сетей за счет коррозии, появлению отложений и возможных гидроударов. На данный момент самым перспективным способом обеспечения необходимого во всех точках сети водоснабжения давления в условиях изменяющегося расхода воды является применение диктующих точек.

Диктующая точка – это самая высоко расположенная и удаленная от ввода водоразборная точка. При обеспечении в области диктующей точки заданного давления во всех остальных областях водоснабжения давления окажется равным или выше необходимого.

Аппаратно диктующая точка предоставляет собой преобразователь давления и устройство связи, в качестве которого может выступать GSM-модем, Wi-Fi-антенна или иной коммуникационный элемент. Схема водоснабжения с применением диктующей точки представлена на рисунке 1.



Д1 – датчик давления на выходе насосной станции;

Д2 – датчики давления диктующей точки.

Рисунок 1 – Схема водоснабжения с диктующей точкой

Установка диктующей точки возможна в колодцах, водопроводных станциях, водомерных узлах или других узловых точках системы водоснабжения, что позволяет минимизировать затраты на установку диктующих точек.

В нормальном режиме регулирование давления происходит по датчику диктующей точки. Однако, при выявлении недостоверности данных, поступающих от диктующей точки, станция переходит на работу от основного датчика, расположенному на выходе насосной станции.

Кроме того, использование диктующей точки позволяет собирать дополнительную информацию, по которой можно судить о состоянии сети и заблаговременно проводить соответствующие мероприятия по обслуживанию коммуникаций и оборудования.

По вышесказанному можно сделать выводы о том, что работа насосной станции по датчику давления, расположенному в диктующей точке, которая подключается к насосной станции по интерфейсу связи, и резервным датчиком на выходе насосной станции, который подключен к насосной станции непосредственно позволяет уменьшить расход электрической энергии, износ коммуникаций, что также приводит к положительному экономическому эффекту, обеспечивая при этом стабильное и постоянное давление у потребителя и дополнительные данные для анализа состояния сетей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кошман В.С. Гидравлика, теплотехника и газовая динамика. Термины и определения: учебное пособие / В.С. Кошман, А.Т. Манташов; М-во с.-х. РФ, ФГБУ ВПО Пермская ГСХА – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013. – 55 с.

2. ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ [Электронный ресурс] / rus-privod.ru – Режим доступа: http://rus-privod.ru/preobrazovатели_chastoty_practica.html

3. Диктующие и контрольные точки [Электронный ресурс] / vodokanalrnd.ru – Режим доступа: <https://vodokanalrnd.ru/press-tsentr/news/diktuyushchie-i-kontrolnye-tochki-pozvolayut-operativno-regulirovat-rabotu-setey-rostovskogo-vodoka/>

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА РАБОТЫ ПОВЫШАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Иванов Илья Алексеевич, аспирант кафедры «Электропривода и автоматизации промышленных установок», e-mail: i.a.ivanov@corp.nstu.ru

Научный руководитель – Котин Денис Алексеевич, к.т.н., доцент, e-mail: d.kotin@corp.nstu.ru
Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

Проведено исследование функционирования синтезированной системы управления повышающим преобразователем постоянного напряжения для использования в системе электроснабжения автономного потребителя. Разработана система управления показала свою работоспособность в режиме регулятора с токовыми паузами, с заданными динамическими показателями.

Ключевые слова: Microgrid, DC/DC преобразователь, алгоритм, СПП.

Современные тенденции развития электроэнергетики призывают переходить от централизованных систем электроснабжения потребителя к децентрализованному с использованием локальных источников энергии, т.е. переходит к концепциям: smart-grid, microgrid и децентрализованной генерации электрической энергии. В условиях развития архитектур систем электроснабжения автономного потребителя в рамках вышесказанных тенденций, необходимо рассмотреть вопрос об обеспечении устойчивой работы системы электроснабжения автономного потребителя, у которого отсутствует возможность параллельной работы с общепромышленными сетями, т. е. единственным источником электрической энергии является собственная генерация.

Неотъемлемой частью таких систем являются полупроводниковые преобразователи. Рассмотрим работу полупроводникового преобразователя постоянного типа повышающего типа.

В данной модели представлен стабилизатор напряжения или DC/DC преобразователь в режиме повышения напряжения, до установленного уровня (boost). Электрическая схема повышающего DC/DC преобразователя представлено на рисунке 1.

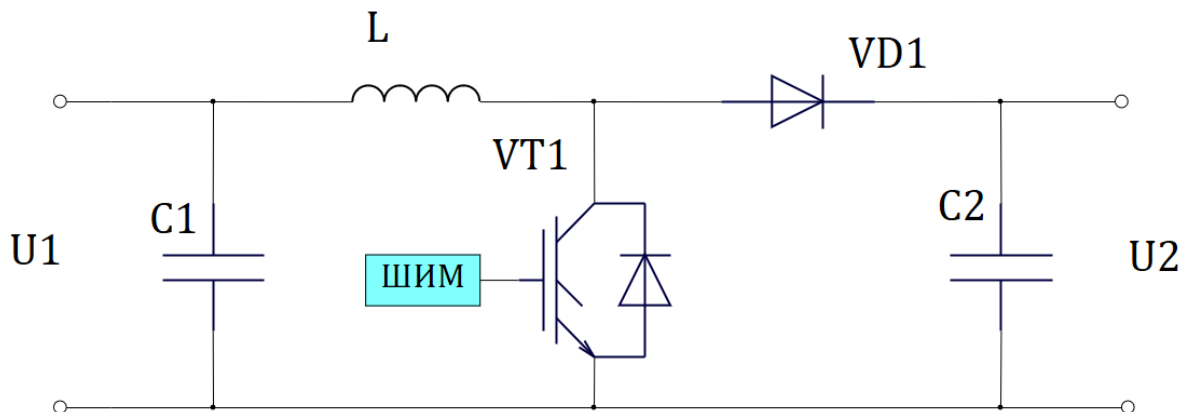


Рисунок 1 – Повышающий DC/DC преобразователя

$U1$ – входное напряжение, $U2$ – выходное напряжение, $C1$ – ёмкость входного фильтра, $C2$ – ёмкость выходного фильтра, L – дроссель, выполняющий функцию накопления энергии, $VT1$ – IGBT транзистор, $VD1$ – запирающий диод, ШИМ – источник ШИМ сигнала.

Функционирование данной схемы происходит следующим образом.

Ключ $VT1$, при подаче на него сигнала с источника ШИМ ($T1$), замыкает контур тока дросселя L , происходит накопление энергии в дросселе L . В этот же промежуток времени нагрузка питается от заряженного конденсатора $C2$. При снятии управляющего воздействия ($T2$) с $VT1$, накопленная в дросселе L энергия начинает передаваться в ёмкость выходного фильтра $C2$. Процесс передачи энергии происходит до тех пор, пока напряжение на ёмкость выходного фильтра $C2$ не превысит напряжения на дросселе L . В момент превышения напряжения происходит переключение запирающего диода, он закрывается обратным напряжением. Тем самым образуется токовая пауза ($T3$) перед следующим циклом передачи энергии в ёмкость выходного фильтра $C2$.

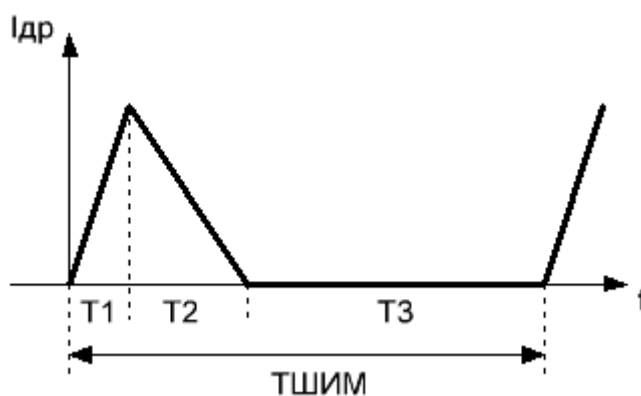


Рисунок 2 – Формирование тока в дросселе

Результаты моделирования представлены на рисунке 3.

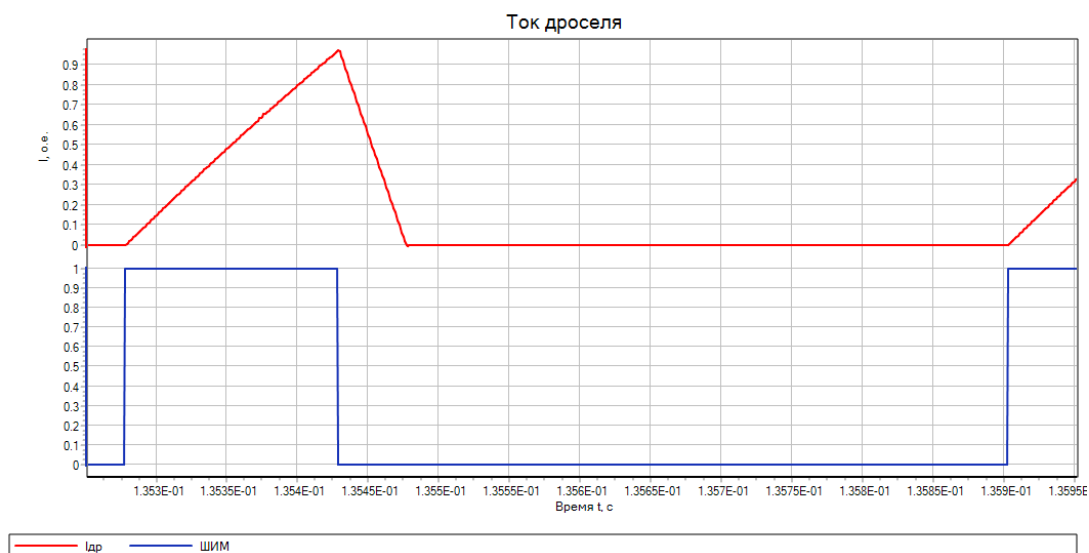


Рисунок 3 – Результаты моделирования

Тем самым изменяя скважность открытого состояния транзистора VT1 можно изменят объем накопленной энергии системы.

Эюра выходного напряжения при его переключении на разные уровни представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Эюра выходного напряжения

Как видно из рисунка 4, объект обрабатывает управляющее воздействие с заданным временем переходного процесса и заданным перерегулированием.

Согласно выше сказанному, можно сделать вывод, что использование разработанного алгоритма и имитационной модели при исследовании систем электроснабжения автономного потребителя в рамках использования программного комплекса SimInTech является рациональным и надежным, так как полученные результаты моделирования работы системы соответствуют результатам современной научной картины в рамках развития и разработки полупроводниковых преобразовательных систем, используемых для стабилизации уровня постоянного напряжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. D.A. Kotin and I. A. Ivanov, "Investigation of the Stability and Frequency Properties of a Generating Complex when Operating on an Autonomous Load," Proceedings of the 2021 15th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE 2021, pp. 190–195, 2021, doi: 10.1109/APEIE52976.2021.9647494.

2. Котин Д.А., Иванов И.А. Анализ устойчивости системы электроснабжения автономного потребителя / Д.А. Котин, И.А. Иванов // XXIII Всероссийская конференция по автоматизированному электроприводу (АЭП 2022): Сборник докладов конференции, Тула, 28 сентября – 01 2022 года / Под редакцией О.В. Горячева. – Тула: Тульский государственный университет, 2022. – С. 23-27. – EDN BRKVZH.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЦЕМЕНТАЦИИ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ВАКУУМНОЙ ПЕЧИ

Казаков Николай Михайлович, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: nikazakov2001@gmail.com

Научный руководитель – Халин Михаил Васильевич, д.т.н., профессор, e-mail: TEMF@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрены вопросы, возникающие из-за низкого уровня автоматизации устаревшего оборудования, а так же шаги, приводящие к его повышению. Показаны цели и задачи процесса цементации стальных изделий в вакуумной печи. Приведено описание метода газовой цементации. Выполнен анализ процесса без использования системы автоматического управления и выявлены недостатки. Приведено решение, позволяющее автоматизировать процесс цементации стальных изделий в вакууме.

Ключевые слова: цементация стальных изделий, система автоматического управления, программируемый логический контроллер, уровень автоматизации, блок-схема.

В настоящее время широко используется устаревшее оборудование, параметры которого не соответствуют современным требованиям, например уровню автоматизации производственного процесса. Обычно производительность оборудования не достигает своего возможного уровня по причине того, что часть операций выполняется в ручную. Помимо этого, ручное выполнение операций заставляет выполнять одни и те же действия и держать внимание в напряжении, что вызывает утомление, и, как следствие, снижение трудоспособности работников и точности выполнения операций. Повышение уровня автоматизации позволит увеличить производительность оборудования, сохранить работоспособность персонала, а так же снизить риски и ошибки, связанные с человеческим фактором, поскольку многие задачи переходят от человека к системам автоматического управления (САУ), которые на современном этапе развития обеспечивают достаточно высокий уровень точности и быстродействия.

Повышение уровня автоматизации оборудования обеспечивается реконструкцией систем управления отдельных его узлов.

В связи с вышесказанным, актуальной является проблема разработки САУ для уже существующего оборудования с целью повышения производительности и снижения влияния человеческого фактора на производственный процесс.

Одним из технологических процессов, в котором возможно достичь высокий уровень автоматизации, является процесс цементации стальных изделий в вакуумной печи.

Цементация стали - это процесс поверхностного упрочнения стали путем насыщения ее поверхности углеродом за счёт диффузии. Целью цементации является улучшение механических свойств стали, повышение износостойкости и твердости её поверхности. Цементации подвергаются легированные и низкоуглеродистые (обычно с содержанием углерода менее 0,25%) стали. Длительность процесса зависит от требуемой толщины слоя, насыщенным углеродом [1].

Наиболее распространенным в промышленности является метод газовой цементации. Стальные изделия помещаются в вакуумную камеру, и нагревают до температуры 950 °С, после чего подают ацетилен, и поддерживают определенное давление газа и температуры в камере. После завершения процесса изделия подвергаются низкому отпуску.

При отсутствии САУ для данного оборудования процесс контроля температуры и давления в камере, отсчет времени и подача газа, а так же регулирование скорости привода вакуумного насоса (насос Рутса) происходит в ручную, что требует постоянной концентрации внимания и точного выполнения операций, а при наличии большого числа таких печей данный процесс значительно усложняется.

Решением данной проблемы является разработка САУ, на базе программируемого логического контроллера (ПЛК)[2][3]. В настоящее время ПЛК широко применяются в сфере промышленной автоматизации разнообразных технологических процессов. Применение ПЛК значительно упрощает создание и эксплуатацию как сложных автоматизированных систем, так и отдельных устройств, в том числе - бытового назначения. Так, например, использование ПЛК позволяет сократить этап разработки, упрощает процесс монтажа и отладки за счет стандартизации отдельных аппаратных и программных компонентов, а также обеспечивает повышенную надежность в процессе эксплуатации, удобный ремонт и модернизацию при необходимости. В качестве внешнего интерфейса используется операторская панель, через аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) к контроллеру подключаются датчики температуры (термопара или термосопротивление) и давления газа, на основании которых контроллер формирует управляющие сигналы для преобразователя частоты привода насоса Рутса и реле клапана подачи газа. Блок-схема САУ показана на рисунке 1.

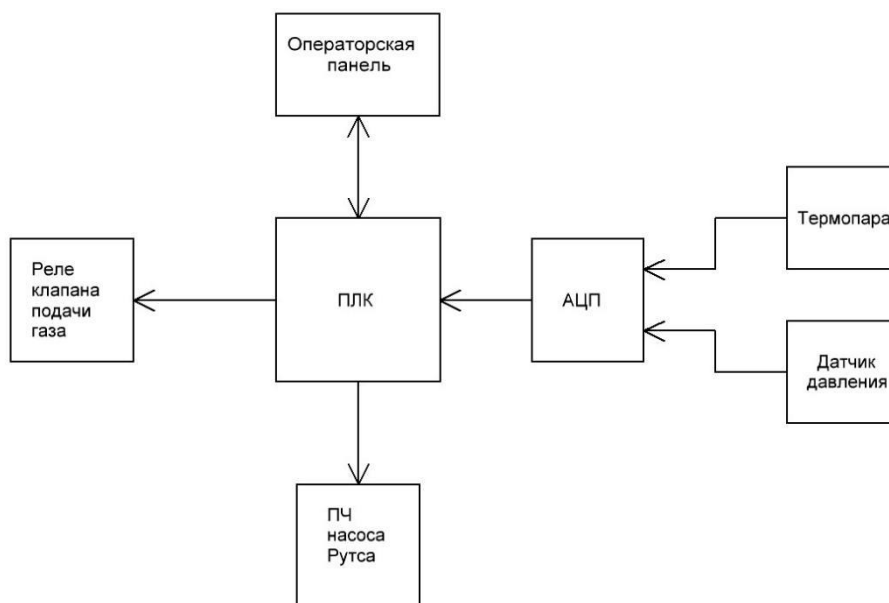


Рисунок 1 - Блок-схема САУ

Таким образом, применение современных ПЛК и операторских панелей позволяет создать удобный в эксплуатации интерфейс управления процессом цементации стальных изделий в вакууме, исключить человеческий фактор, а так же создает возможность подключения оборудования к системе SCADA. Это достигается за счет использования в ПЛК современных микропроцессоров, обладающих достаточным быстродействием и большой памятью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Как проходит цементация стали? - URL: <https://aomur.ru/obrabotka-metallov/tsementatsiya-stali.html> (дата обращения 06.04.2023). - Текст: электронный.
2. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.:Энергоиздат, 1982. – 416 с.: ил.

3. Введение в ПЛК: что такое программируемый логический контроллер - URL: <https://www.compel.ru/lib/95591> (дата обращения 06.04.2023). - Текст: электронный.

РАЗРАБОТКА НАСТРАИВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА НА ОСНОВЕ КОМАНДНОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРИБОРА КЭП-12У

Комаров Илья Витальевич, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:ppra.rpp@ya.ru

Научный руководитель - Дедаев Константин Евгеньевич, старший преподаватель, e-mail:alister11@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Представлена методика выполнения лабораторных работ по дисциплинам: «Электрооборудование промышленно-технологических линий» и «Автоматизированные электроустановки». Представлено устройство и принцип работы командного пневматического прибора КЭП-12У. Приведена таблица настраиваемого технологического цикла и циклограмма настраиваемых контактов прибора КЭП-12У. Выполнено регулирование длительности рабочих циклов кулачками распределительного вала.

Ключевые слова: пневматический прибор КЭП-12У, регулирование длительности рабочих циклов, циклограмма настраиваемых контактов, электрооборудование промышленно-технологических линий, лабораторные работы.

Автоматизация и контроль технологического процесса имеют большое значение в повышении производительности труда и улучшения качества продукции. Автоматизированные системы и системы контроля направлены на повышение производительности труда, качества продукции и других технико-экономических показателей производства, а также обеспечить устойчивую работу производства. Стенд для выполнения лабораторных работ представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Фотография универсального лабораторного стенда

Стенд позволяет проводить лабораторные работы по темам: «Сельсины», «Микросхемы», «Программные устройства». В качестве примера, рассмотрим лабораторную работу по изучению принципа действия командного электропневматического прибора КЭП-12У. Прибор способен обеспечивать программу операций с различной длительностью циклов, от 30 секунд до 18 часов, это позволяет применять данный прибор для автоматического регулирования разных технических циклов производства. Для выполнения лабораторной работы необходимо изучить принцип действия и работу командного электропневматического прибора КЭП-12У. По заданному варианту провести настройку длительности цикла и времени срабатывания первых четырех контактов прибора. Включить прибор и с помощью секундо-

мера замерить фактические значения времени срабатывания контактов и длительность цикла. Замеры повторить 3-5 раз, на двух делениях первой и второй шестерни. Данные записать в таблицу и найти среднее значение результатов измерений. Построить циклограмму работы настраиваемых контактов. В качестве примера, в таблице 1, представлен вариант настройки командного электропневматического прибора КЭП-12У для управления технологическим процессом. Для изучения основных принципов построения автоматизированных систем автоматики в Алтайском государственном университете им. И. И. Ползунова разработан стенд по элементам и системам автоматизации (рисунок 1).

Таблица 1 - Пример настраиваемого технологического цикла

№ цикла	Время[с] от начала		Δ Промежутка [с]	Время цикла, [с]	
	Начало	Конец		Паспорт	Опыт
Пресс закр., Бункер 1	0	5,68	5,68	29,8	29,52
Бункер 3, Бункер 5	5,68	11,38	5,7		
Пресс откр., Бункер 4	11,38	12,38	1		
Бункер 2, Бункер 4	12,38	16,56	4,18		
Транспортер	16,56	29,52	12,96		

Циклограмма настраиваемых контактов, согласно таблице 1, приведена на рисунке 2.

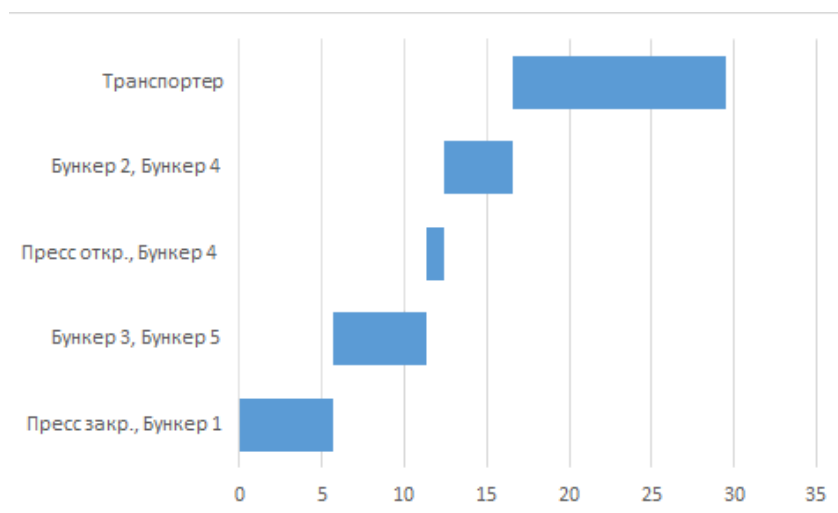


Рисунок 2 – Циклограмма настраиваемых контактов

В ходе выполнения лабораторной работы, студенты приобретают знания и умения, в соответствии с заданными компетенциями, путем составления программы регулирования длительности рабочих циклов, посредством физического моделирования управляющего блока устройства КЭП-12У. Кроме того, приобретаются навыки по настройке командного электропневматического прибора КЭП-12У.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электрический привод» / Т.М. Халина, М.В. Халин, Ю.А. Квашин. – URL:<https://www.altstu.ru/media/f/MU-k-lab-rab-po-discipl-Elektricheskij-privod2.doc> (дата обращения 07.04.2023). - Текст: электронный.
2. Дементьев Ю.Н. Автоматизированный электропривод: учебное пособие / Ю.Н. Дементьев, А.Ю. Чернышев, И.А. Чернышев. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 224 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДОГРЕВА ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ

Логвиненко Никита Юрьевич, магистрант кафедры ЭПП, e-mail: nik-logvinenko@mail.ru
Сухоруких Илья Валентинович, магистрант кафедры ЭПП, e-mail: sukhorukikh2222@mail.ru
Научный руководитель – Халин Михаил Васильевич, д.т.н., профессор, e-mail: temf@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Представлена технология подогрева зернового материала с использованием электрического аппарата подогрева зерна на основе пластинчатых поверхностно-распределительных композиционных электрообогревателей. Приведены результаты экспериментальных исследований и определены производительность аппарата при подогреве зерна на 10 °С. Рассчитаны удельные энергозатраты установки и показана её энергоэффективность.

Ключевые слова: подогрев зерна, композиционный электрообогреватель, электрический аппарат, энергоэффективность, удельные энергозатраты.

Разработка энергоэффективных технологий подогрева зерна для последующей переработки в муку остаётся в настоящее время актуальной. Так как на предприятиях АПК температура зерна, поступающего на переработку, составляет от минус 5 °С зимой до +10 °С летом, то необходим его подогрев до +15 °С. Для соблюдения технологического регламента переработки и сохранения биологических качеств температура зерна в процессе подогрева не должна превышать +45 °С [1].

В качестве альтернативы известным способам и установкам предлагается использование электрического аппарата подогрева зерна (ЭАПЗ) на базе многоэлектродных композиционных электрообогревателей МКЭ, который обладает рядом преимуществ [2,3]. Например, использование энергоэффективного поверхностно-распределительного подогрева и автоматизация технологического процесса за счёт применения первичного энергоносителя - электрической энергии.

В связи с вышеизложенным, необходимо выполнение экспериментальных исследований опытного образца ЭАПЗ. На рис.1 представлена фотография установки, которая состоит из трёх секций, закреплённых на каркасе, в каждой из которых расположены в шахматном порядке в два яруса 42 шт. МКЭ -1/3, размером 600x270x10 мм, показаны: одна секция аппарата, заполненная зерном овса, шкаф управления, дозатор-распределитель с частотно-регулируемым двигателем MS632-6 и высыпной бункер.

Цель эксперимента: определить производительность аппарата и удельные энергозатраты при подогреве зерна. Условие проведения эксперимента. Эксперимент проводился в лабораторных условиях, температура окружающей среды составляла +27 °С. Необходимо было осуществить подогрев зерна на 10 ... 15 °С от первоначальных значений, определить время подогрева, а также производительность ЭАПЗ. Температура на выходе зерна не должна превышать +45 °С. Температура на входе и выходе зерна из установки измерялась термометрами №1 и №2.

Для измерения температуры были использованы две термопары типа ХК(L), первая термопара находилась непосредственно на входе в нагревательную секцию, которая подключалась к терморегулятору ТРМ 202 КН РР. Температура отображалась на его дисплее. Вторая термопара была вмонтирована в корпус установки между нагревательной секцией и дозатором-распределителем. Под данную термопару был запрограммирован вход нормирующего преобразователя НПТ 2.00.2.1 в диапазоне температур от +20 °С до +45 °С. Преобразователь частоты Веспер Е2-8300-001Н настроен на параметры подключенного двигателя и, в зависимости от уровня сигнала, приходящего от нормирующего преобразователя, регулировал скорость вращения мотор-редуктора дозатора-распределителя. Время измерялось при помощи секундомера.



Рисунок 1- Фотография экспериментальной установки ЭАПЗ

В прогретый до 45 °С аппарат было засыпано зерно, температура которого была 26,5 °С. После этого температура в секции снизилась и ТРМ-202 автоматически включил нагрев. Каждые 2 минуты после подачи зерна в секцию записывались показания термодпар до тех пор, пока температура зерна не достигла необходимых +35 °С. Так как вход нормирующего преобразователя НПТ 2.00.2.1 был запрограммирован в диапазоне температур от +20 °С до +45 °С, то привод дозатора-распределителя начал свою работу по сигналу от кнопки «Пуск». Если температура второй термопары повышается, скорость вращения мотор-редуктора дозатора-распределителя возрастает. Температура зерна на выходе из ЭАПЗ измерялась с помощью пирометра RaytekMinitemp МТ6. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1- Результаты измерения температуры T_1 и T_2 на входе и выходе секции ЭАПЗ

№ измерения	Время работы композиционных электрообогревателей, мин.	Температура термопары №1, °С	Температура термопары №2, °С
1	0	24	31,5
2	2	24,2	31,7
3	4	29,5	31,9
4	6	31,3	32,3
5	8	34,3	33
6	10	34,6	35,2
7	12	35	37,5

Температура подогретого зерна достигла значения +37,5°С на выходе из аппарата (T_2) в течение 12 мин, что подтверждает эффективность поверхностно - распределённого обогрева всего объёма зернового материала.

Для определения производительности одной секции аппарата ЭАПЗ были выполнены замеры активной мощности электрообогревателей МКЭ в начале и конце эксперимента, ко-

торые соответственно составили: $P_1=3,54$ кВт и $P_2=3,16$ кВт, а средняя мощность - $P_{cp}=3,35$ кВт. Уменьшение мощности МКЭ при нагреве свидетельствует о положительном значении коэффициента ТКр, что повышает надёжность функционирования электрообогревателей и снижает вероятность их перегрева и выхода из строя.

Для определения объема зерна V_1 одной секции ЭАПЗ, определим объем секции V_2 и электрообогревателей V_3 (рис 1.) Объем $V_2=1,080*0,6*0,6$ м³ = 0,363 м³, объем $V_3=(0,60*0,27*0,01)$ м³*42=0,068 м³. Тогда, $V_1=V_2-V_3=(0,363-0,068)$ м³=0,295 м³.

Насыпная плотность зерна $\rho_3=800$ кг/м³, тогда масса зерна при заполнении одной секции составит $m_3=V_1*\rho_3=0,295*236$ кг, а ее производительность - $G_A=m_3/t_n=236/0,2=1,18$ (т/ч).

При работе трёх секций ЭАПЗ производительность аппарата составит 3,6т/ч, а удельные энергзатраты $P_{уд}=(3*P_{cp})/3,6$ т/ч=3*3,35/3.6=2,79 кВт*ч/т.

Таким образом, экспериментальные исследования ЭАПЗ подтвердили эффективность конструкции установки, использующей поверхностно-распределительный обогрев, так как для подогрева 1т зерна на 10...11 °С требуется не более 3 кВт*ч, что в 1,5...2 раза меньше известных аналогов [4,5].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Система подогрева зерна на основе многоэлектродных композиционных электрообогревателей [Текст] / М.Н. Строков, М.В. Халин, А.Б. Дорош, Г.А. Литвиненко // Энергетика: экология, надежность, безопасность : мат. 11-й всерос. науч.-техн. конф. – Томск: ТПУ, 2005. – С. 162-166.

2. Пат. 2351861 РФ, МПК F 26 В 17/12, F 26 В 23/04. Устройство для подогрева зерна / М. Н. Строков, Е.И. Востриков, Т.М. Халина, М.В. Халин; заявитель и патентообладатель Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – № 2007115960/06; заявл. 26.04.2007; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 10.

3. Халин М.В. Разработка проекта и изготовление экспериментального образца аппарата подогрева зерна на основе многоэлектродных электрообогревателей. Отчет о НИОКР: / М.В. Халин, Т.М. Халина, Д.Г. Часовщиков, В.В. Шатохин // ООО «АгроТермия», 2014. – ГР № 01201372140, ГК №12012р / Интернет-номер: 214070500001. - Барнаул, 2014. - 59 с.

4. Подогреватель зерна // <http://mppnik.ru> [Электронный ресурс]. – Электрон.дан.-URL:http://mppnik.ru/publ/melnichno_ehlevatornaja_krupjanaja_i_kombikormovaja_promyshlennost/podogrevatel_zerna/5-1-0-320. – Загл. с экрана. Дата обращения – 05.04.2023

5. Подогреватели зерна ПЗ // <http://www.olis-2.ru> [Электронный ресурс]. – Электрон.дан. – URL: <http://www.olis-2.ru/equipments/proizvodstvomukiikrup/podogrevateli-zerna>. – Загл. с экрана. Дата обращения – 05.04.2023

ПРИМЕНЕНИЕ СИНХРОННЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ ВО ВТОРИЧНЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Малышев Лев Андреевич, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:lev.malyshv0401@gmail.com

Научный руководитель - Дорош Александр Борисович, к.т.н., доцент, e-mail:Aldorosh@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрены основные преимущества применения синхронных выпрямителей в устройствах преобразования электрической энергии, а также вопросы, связанные с энергоэффективностью и быстродействием полупроводниковых ключей, используемые в полностью управляемых выпрямителях.

Ключевые слова: синхронный выпрямитель, вторичные источники электропитания, энергоэффективность, миниатюризация источников электропитания, полностью управляемые полупроводниковые ключи, MOSFET, IGBT.

Одной из основных тенденций современной преобразовательной техники является миниатюризация источников питания, сопряженная с постоянным ростом производительности и энергоэффективности[1]. В связи с этим преобладающие ранее схемы с прямым преобразованием энергии отошли на второй план из-за необходимости использования достаточно громоздких трансформаторов, сглаживающих фильтров, дополнительных стабилизаторов напряжения и корректоров коэффициента мощности.

Распространенным примером схемы с прямым преобразованием энергии является управляемый мостовой тиристорный выпрямитель (рисунок 1), особенность работы которого такова, что на его выходе сигнал имеет достаточно высокий коэффициент пульсации при малой частоте этих пульсаций. Это приводит к необходимости использования сглаживающего дросселя с большой индуктивностью и, как следствие, большим числом витков, из-за чего такой фильтр имеет достаточно высокое активное сопротивление и дополнительно увеличивает потери преобразователя. Кроме того, форма напряжения на выходе далека от синусоидальной, что приводит к появлению реактивной составляющей тока и уменьшению коэффициента мощности.

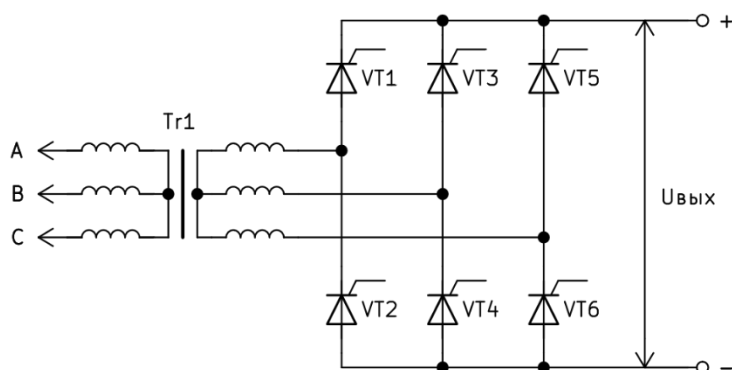


Рисунок 1 – Схема управляемого трехфазного мостового тиристорного выпрямителя

Источники питания с двойным преобразованием энергии (рисунок 2) позволяют достичь более высоких показателей удельной энергоэффективности, благодаря применению промежуточного звена высокой частоты. Однако из-за своей сложной структуры энергоэффективность таких источников питания напрямую зависит от КПД каждого из его структурных элементов. Особенно это актуально в низковольтных источниках питания, где наибольший вклад в потери вносят пассивные диодные выпрямители. В среднем падение напряжения на кремниевых диодах составляет $0,5 \div 1$ В, что при выходном напряжении преобразователя, не превышающем 5 В, значительно увеличивает потери. Несколько улучшить ситуацию позволяет замена кремниевых диодов на диоды Шоттки, с падением напряжения порядка $0,2 \div 0,4$ В. Однако их применение в значительной степени ограничено крайне низкой величиной обратного напряжения, из-за чего при его превышении они безвозвратно выходят из строя, и огромными значениями токов утечки, что в купе с недостаточным охлаждением может привести к тепловому пробую и разрушению диода.

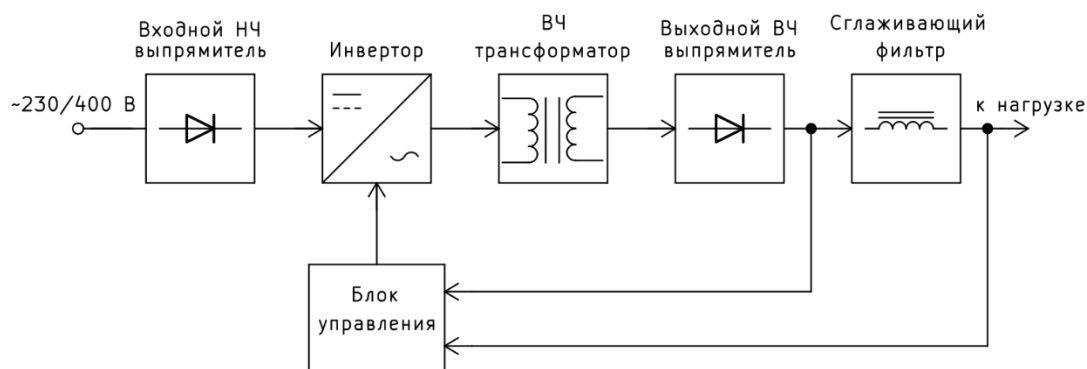


Рисунок 2 – Структурная схема источника питания с двойным преобразованием энергии

С целью снижения потерь проводимости требуется использовать в выпрямителе полупроводниковые ключи, которые бы обеспечивали наименьшее падение напряжения. MOSFET благодаря своей структуре обладает чисто омическим характером сопротивления проводящего канала, что позволяет добиться очень низких величин падений напряжения на нем. В зависимости от величины блокируемого напряжения, сопротивление проводящего канала сток-исток n-канального MOSFET в среднем составляет $5 \div 20$ мОм [2, 3].

Для работы выпрямителя на MOSFET необходимо подавать сигналы на отпирание транзисторов, из-за чего такие выпрямители называют синхронными (рисунок 3), т.е. они работают синхронно с сигналом управления.

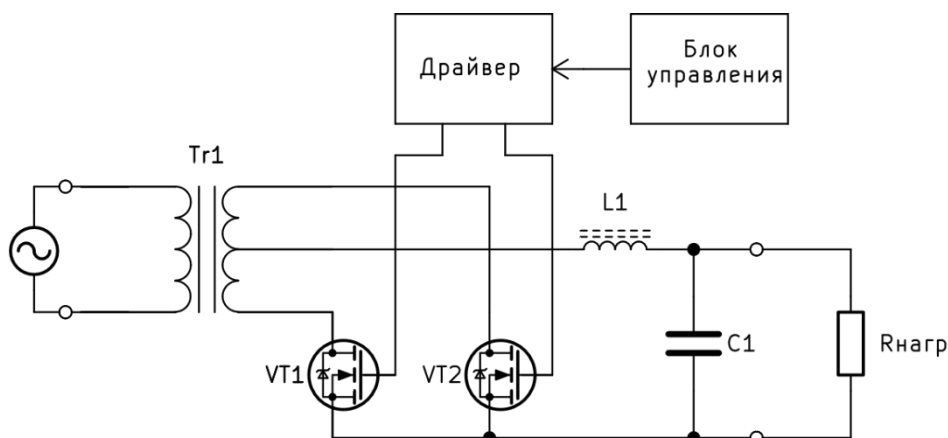


Рисунок 3 – Схема двухтактного синхронного выпрямителя

Статические потери MOSFET имеют квадратичный характер зависимости от тока, хотя в реальности показатель степени у тока несколько больше двух из-за нелинейности сопротивления сток-исток транзистора, которое с увеличением тока слегка возрастет [4]. Таким образом целесообразность применения синхронных выпрямителей на MOSFET ограничена величиной выходной мощности и, как следствие, величиной тока через транзистор. Как правило, величина тока через MOSFET в синхронных выпрямителях редко превышает нескольких десятков ампер.

Если же необходимо использовать синхронный выпрямитель в мощных источниках питания, то вместо MOSFET предпочтительнее использовать IGBT, которые благодаря модуляции проводимости открытого канала могут обеспечить гораздо меньшее падение напряжения при гораздо больших величинах тока – $1,7 \div 2,5$ В, в то время как падение напряжения на MOSFET при аналогичных параметрах будет составлять $10 \div 15$ В [4]. Хотя быстродействие IGBT несколько ниже, чем у MOSFET вследствие наличия «токового хвоста», но все еще остается на приемлемом уровне (порядка 150 кГц).

Однако вклад в итоговые потери выпрямителя вносят далеко не только сами полупроводниковые ключи, но условия их коммутации, которые не в последнюю очередь определяются топологией схемы. Существует два подхода к проектированию синхронных выпрямителей. Один предусматривает работу полупроводниковых ключей в синхронном выпрямителе с фиксированным коэффициентом заполнения, и в этом случае регулирование величины выходного напряжения осуществляется за счет изменения коэффициента заполнения инвертора. Другой подход, наоборот, подразумевает работу инвертора с постоянным коэффициентом заполнения, а регулирование выходного напряжения осуществляется за счет изменения коэффициента заполнения синхронного выпрямителя.

Второй подход целесообразно использовать в случаях, когда осуществить управление ключами с достижением приемлемых потерь в инверторе затруднительно, например, при использовании мостовой или трехуровневой топологий, выбор которых обусловлен высоким сетевым напряжением.

Большинство схем синхронных выпрямителей с регулировкой выходного напряжения строятся по принципу жесткой коммутации, при которой происходит переходный колебательный процесс (т.н. «звон»). В результате этого на полупроводниковых ключах выделяется значительное количество энергии, в том числе в виде электромагнитного излучения, что ухудшает электромагнитную совместимость с другими приборами.

Из-за этого динамические потери синхронных выпрямителей на полностью управляемых ключах будут всегда больше потерь переключения кремниевых диодов, поскольку последние работают в т.н. режиме нейтральной коммутации, т.е. они закрываются, когда ток и/или напряжение на диоде становится меньше значения удержания его в открытом состоянии.

Но все же приблизится к показателю динамических потерь диодов возможно за счет использования, например, активных фиксаторов или рекуперативных демпфирующих цепей. Принцип их работы достаточно схож – они перенаправляют энергию, запасенную в паразитных элементах схемы (например, в индуктивности рассеяния трансформатора) на вход или выход синхронного выпрямителя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сэндлер С. Тенденция к миниатюризации: как решить проблемы ЭМС и целостности питания / С. Сэндлер // Электромагнитная совместимость в электронике [сайт]. – 2018. – URL: <https://emc-e.ru/razrabotka-i-konstruirovaniye/obespechenie-celostnosti-pitanija/> (дата обращения: 26.03.2023). – Текст: электронный.
2. Любимов В. Синхронные выпрямители / В. Любимов // Электронные компоненты [сайт]. – 2018. – URL: [http://elcomdesign.ru/netcat_files/File/37\(1\).pdf](http://elcomdesign.ru/netcat_files/File/37(1).pdf) (дата обращения: 26.03.2023). – Текст: электронный.
3. Кастров М. Двухполупериодные выпрямители с удвоителем тока / М. Кастров. – Текст: непосредственный // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. – 2004. – №1. – С. 22-24.
4. Применение IGBT в преобразовательной технике // Компел: [сайт]. – 2013. – URL: <https://www.compel.ru/lib/54273> (дата обращения: 26.03.2023). – Текст: электронный.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ ВЗРЫВООПАСНОЙ ВАКУУМНО-ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКОГО СПИРТА

Пшеничный Даниил Вячеславович, магистрант кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: danil.pshenichniy@mail.ru

Научный руководитель - Ведманкин Александр Васильевич, старший преподаватель,
e-mail: eletok.pto@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрены проблемы, возникающие при работе вакуумно-выпарной установки (ВВУ), предлагаем метод борьбы с возникающим конденсатом. Разработана система автоматического управления и изготовлен шкаф управления ВВУ. Показаны преимущества использования для обогрева композиционных электрообогревателей.

Ключевые слова: вакуумно-выпарная установка, композиционный электрообогреватель, система автоматического управления, защита от конденсата, обогрев шкафа управления.

В современном мире промышленность играет важную роль, обеспечивая людей необходимыми товарами и услугами. Результат устойчивого развития промышленности последнего десятилетия показал резкое смещение приоритетного вектора в сторону развития внутрироссийского производства, отказ от европейских, американских товаров, постепенный рост и укрепление экспортной политики государства, а также усиления финансирования ло-

кальных и местных производств. Одним из ключевых направлений в промышленности является химическая отрасль, которая использует различные методы для получения продуктов высокого качества, хотелось бы отметить, что особое развитие получает направление фармацевтики, а именно спиртосодержащие лекарства, сиропы, настойки и так далее. Одним из методов их получения является использование вакуумно-выпарных установок [1].

Вакуумно-выпарная установка (ВВУ) – это специальное производственное оборудование, используемое для высокоэффективного выделения, всасывания и концентрирования различных химически активных веществ, а также для очистки и хранения образцов и деталей различной структуры. Она используется для удаления растворителя из жидкостей, сыпучих продуктов, пищевых добавок, лекарственных средств и других веществ. Основным принципом работы вакуумно-выпарной установки является создание вакуума внутри емкости, куда помещают жидкость или раствор, то есть исходное вещество. Затем происходит нагревание камеры и, соответственно, вещества. В результате такой процедуры нагревание приводит к кипению исходного вещества и последующему образованию пара, который скапливается, то есть, конденсируется в отдельной части ВВУ, называемой конденсатором. Далее, температура данного конденсатора снижается за счет его охлаждения сторонней охлаждающей жидкостью, которой может быть вода, что приводит к образованию конденсата путем конденсации пара [2].

При изготовлении этилового спирта не мало важной особенностью является взрывобезопасность, так как пары этилового спирта являются взрывоопасными, и их относят к категории опасных веществ, которые имеют I класс взрывобезопасности. Для обеспечения взрывобезопасности вакуумно-выпарной установки необходимо применять специальные меры и технологии:

- Использование негорючих и нетоксичных растворителей и реагентов.
- Регулярная проверка и обслуживание оборудования, установка систем автоматического контроля и сигнализации.
- Установка системы вентиляции и кондиционирования, обеспечивающей отвод вредных газов и испарений из помещения.
- Применение антистатических материалов и заземления.

В данной статье авторы разработали схему управления установкой, предназначенной для управления установкой по производству этилового спирта. На основе этой схемы был изготовлен шкаф управления (рисунок 1), включающий автоматический выключатель, контактор, клеммные зажимы, кнопки управления, блок питания и другие компоненты. Для поддержания заданной величины температуры продукта и рубашки, используется измеритель регулятор российского производства Овен



Рисунок 1 – Шкаф управления вакуумно-выпарной установкой

Для создания безопасных условий и поддержания постоянной температуры в шкафу управления размещен низкотемпературный обогреватель с системой автоматического регулирования температуры, который позволяет поддерживать одну и ту же заданную температуру на протяжении определенного времени при любом изменении температуры окружающей среды, что не приведет к появлению конденсата, и не возникнет дополнительной искры, или короткого замыкания в зоне повышенной опасности. В шкафу предусмотрено дополнительное утепление, что позволяет работать в диапазоне температур от -50 до +35 градусов Цельсия, и так же, шкаф управления находится в отдельном помещении [3].

Для обеспечения стабильной температуры, как было описано ранее, внутри шкафа используется низкотемпературный композиционный обогреватель, регулируемый термостатом (рисунок 2).



Рисунок 2 – Композиционный обогреватель

Термостат включает или выключает обогреватель в зависимости от установленных пределов, чтобы поддерживать заданную температуру. Обогреватель установлен на металлическую поверхность (дверь шкафа, панель, дно), которая является теплоотводом. Для предотвращения тепловых потерь на внутренней стороне шкафа и двери предусмотрена тепловая изоляция, выполненная из фольгированного утеплителя на вспененной клейкой основе (рисунок 3).

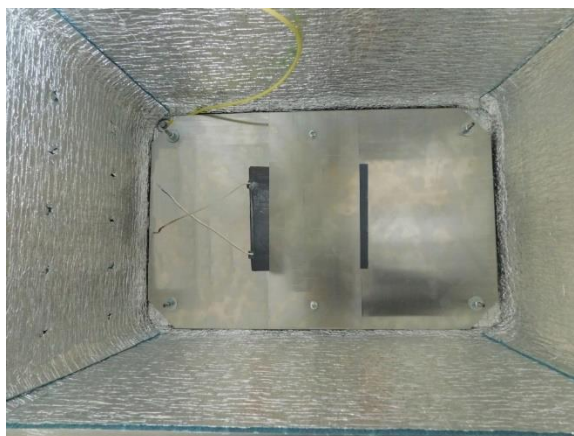


Рисунок 3 – Внутренняя сторона шкафа управления с расположенным обогревателем

Авторы научной работы успешно достигли своей цели, разработав и внедрив щит управления, который использует низкотемпературный обогреватель из композиционного материала. Применение такого вида обогрева позволило сократить расход энергии, сэкономить место, исключить появление искр под нагрузкой и поддерживать стабильную заданную температуру.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вакуумные технологии: учебное пособие для вузов / под ред. В.С. Бирюкова. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. - 384 с.
2. Вакуумно-выпарные установки: конструкция, технология, применение / под ред. В.А. Левина. - М.: Издательство ЛКИ, 2016. - 320 с.
3. Халина Т.М., Дорош А.Б., Халин М.В., Ведманкин А.В., Востриков Е.И. Определение стабильности эксплуатационных характеристик композиционных электрообогревателей для агропромышленного комплекса. - 2022. - №3. - С.108-115.
4. Столяров В.П. Композиционные материалы: учебное пособие для студентов технических вузов / В.П. Столяров, Е.А. Соколова. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. - 256 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ГАЛТОВОЧНОГО СТАНКА

Романенко Сергей Николаевич, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:romanenko_sergei02@mail.ru

Научный руководитель - Халин Михаил Васильевич, д.т.н., профессор, e-mail: temf@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрен способ обработки стальных изделий после их изготовления, с помощью метода галтовки. Приведено описание галтовочного станка барабанного типа и его конструкция. Показаны виды обработки изделий на галтовочном станке различного типа. Рассмотрены вопросы, связанные с изготовлением галтовочного станка и пути его модернизации. Представлена разработанная блок - схема системы автоматического управления галтовочного станка барабанного типа.

Ключевые слова: галтовка, галтовочный станок, шкаф управления, электропривод, обработка деталей, блок - схема.

В настоящее время обработка стальных заготовок и создание деталей различной сложности производится с использованием токарных станков и другого подобного вида оборудования. По окончании обработки на изделиях могут появиться заусенцы, неточности и т.д. Для того чтобы избавиться от дефектов разработан галтовочный метод обработки

Процесс галтовки заключается в обработке металлических изделий за счет воздействия на него сыпучего абразивного материала, который вместе с деталями помещают внутрь барабана и подвергают вращению или вибрации [1]. Сыпучие смеси такие как частички корунда, наждака, песка либо других материалов используют для сухой галтовки стали, для влажной - применяют специфические растворы. Также методом галтовочного воздействия выполняется полировка изделий.

В результате галтовочной обработки металлические детали приобретают требуемые характеристики, а в некоторых случаях могут приобретать дополнительные положительные качества.

Существует несколько видов галтовочных установок. Процесс заключается в обработке перекачиванием в специальных барабанах. На барабане устанавливается герметично закрывающаяся крышка, которая предназначена для предотвращения выхода наружу абразивной пыли, поток которой образуется во время вращения. Вал вращения у таких барабанов для галтовки находится горизонтально, привод частотно-регулируемый, частота вращения находится в пределах 20–60 об/мин. Барабаны подходят для галтовки плоских металлических заготовок.

Целью данной работы является реконструкция действующего оборудования и разработка системы автоматического управления приводом галтовочного станка для обеспечения высокого качества обработки загрузки.

На рисунках 1, 2 представлены галтовочный станок и шкаф управления автоматизированным электроприводом. На рисунке 3 представлена разработанная блок - схема системы автоматического управления галтовочного станка. Система работает специальным образом.



Рисунок 1 - Фотография галтовочного станка



Рисунок 2 - Фотография шкафа управления автоматизированным электроприводом

После загрузки деталей в барабан галтовочного станка и нажатия кнопки пуск, получает питание частотный преобразователь (ПЧ) и блок питания (БП), для того чтобы начался отсчет времени и двигатель получил питание нужно закрыть защитный кожух, после чего срабатывает датчик крышки, подается питание на реле времени и далее на ПЧ, двигатель начинает вращение. В результате чего начинается очистка заготовок от дефектов.

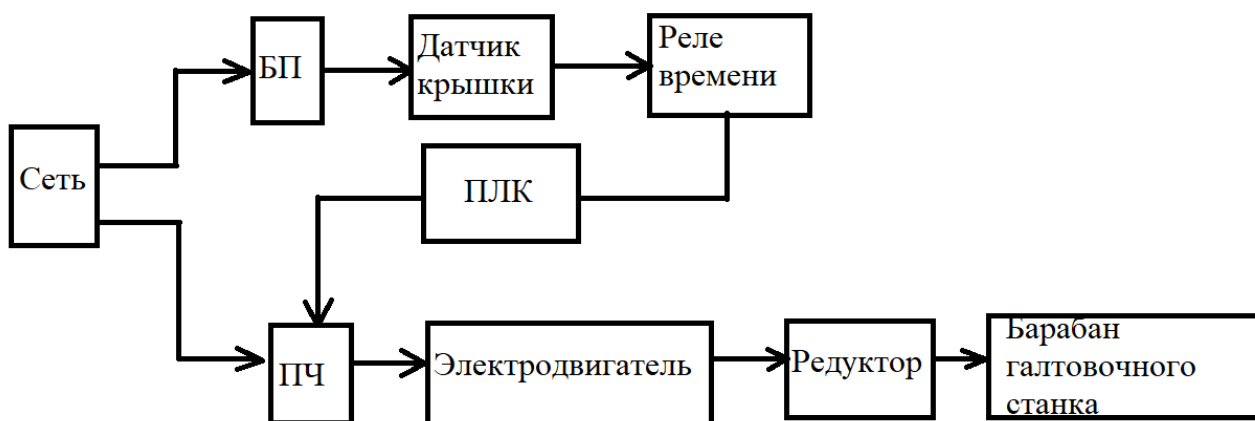


Рисунок 3 - Блок - схема САУ

В зависимости от заданной программы программируемым логическим контроллером (ПЛК), осуществляется управление ПЧ и автоматизированное управление электродвигателем станка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Суть технологии галтовки, оборудование и материалы - URL: <https://wikimetall.ru/metalloobrabotka/galtovka.html> (дата обращения 05.04.2023). - Текст: электронный.

2. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 416 с.: ил.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ В АВТОМАТИКЕ РАЗДВИЖНЫХ ДВЕРЕЙ

Рудакова Любовь Витальевна, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: lyuba.rudakova@list.ru

Научный руководитель – Дорожкин Максим Владимирович, старший преподаватель
e-mail: maxmusicd@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрены принцип работы и устройства программируемых логических контроллеров, разобраны вопросы с задачами их использования, а также вопросы, связанные с областями применения контроллеров в различных промышленных и бытовых сферах жизни. Приведена структурная схема программируемого логического контроллера с описанием всех блоков, а также схема устройства автоматизации раздвижных дверей с её основными компонентами.

Ключевые слова: программируемый логический контроллер, устройства управления, автоматизация, раздвижные автоматические двери, контроллеры.

В современном мире все больше внимания уделяется высокотехнологичной автоматизации производства, призванной не только повысить производительность, но и обеспечить скорость, масштаб, надежность, безопасность и высокое качество исполнения. Растущая потребность в гибком управлении технологическими процессами, эффективном использовании производственных мощностей и дистанционном управлении требует перехода от громоздких реле и контактных схем к программируемым логическим контроллерам (ПЛК) [1, 2].

Большинство существующих на данный момент контроллеров позволяет с высокой скоростью обрабатывать данные и обеспечивать автоматическое управление различными технологическими процессами. Благодаря этому контроллеры можно применять не только в различных областях промышленности: энергетике, нефтехимии, машиностроении, но и в коммунальном хозяйстве, в быту, так как на базе контроллера совместно с использованием минимального количества дополнительных внешних устройств можно построить многофункциональную автоматизированную систему [1, 2].

Современные ПЛК имеют широкий набор программных средств, включая системное программное обеспечение и программные средства, предназначенные для разработки, отладки и записи в контроллер пользовательских программ. Главным назначением ПЛК является реализация логических функций, требуемых для управления электронными блоками электроавтоматики различных технологических объектов, вместо релейных схем управления [1, 2].

На рисунке 1 представлена структура типового ПЛК, которая включает в себя следующие блоки: модуль ввода, блок центрального процессора, модуль вывода, источник питания, а также внешние интерфейсы для связи контроллера с различными периферийными устройствами [2, 3].



Рисунок 1 – Структурная схема программируемого логического контроллера

Модуль ввода имеет в своем составе аналоговые входы, необходимые для ввода непрерывного сигнала с датчиков и других внешних устройств, а также дискретные входы, служащие для получения сигналов от цифровых датчиков, таких как датчики давления, обнаружения и других. Сигналы с датчиков через модуль ввода подаются в блок центрального процессора, в котором происходят требуемые вычисления и обработка команд. При этом используются внутренние ОЗУ – временное хранилище памяти, и ПЗУ – для хранения массива неизменных данных. Сторожевой таймер периодически сбрасывает и перезагружает систему. Модуль вывода имеет как аналоговые, так и цифровые выходы. Первые необходимы для плавного управления внешними устройствами, а дискретные - для управления подключенными устройствами, например, магнитными пускателями, источниками света, клапанами и прочим оборудованием, посредством генерации сигналов высокого или низкого уровней. Специализированные выходы используются для взаимодействия с датчиками и устройствами, обладающими нестандартными параметрами - уровнем сигнала, специфическими параметрами питания или программной обработкой [3].

Рассмотрим применение ПЛК на примере реализации типового алгоритма управления системой раздвижных автоматических дверей.

Принцип работы системы заключается в следующем: автоматическая дверь открывается и закрывается с помощью электронного привода, который открывает двери после получения сигнала от контроллера управления дверью [3, 4].

На рисунке 2 представлена функциональная блок – схема подключения периферийных устройств, применяемых в подобных автоматизированных системах управления раздвижными дверями.

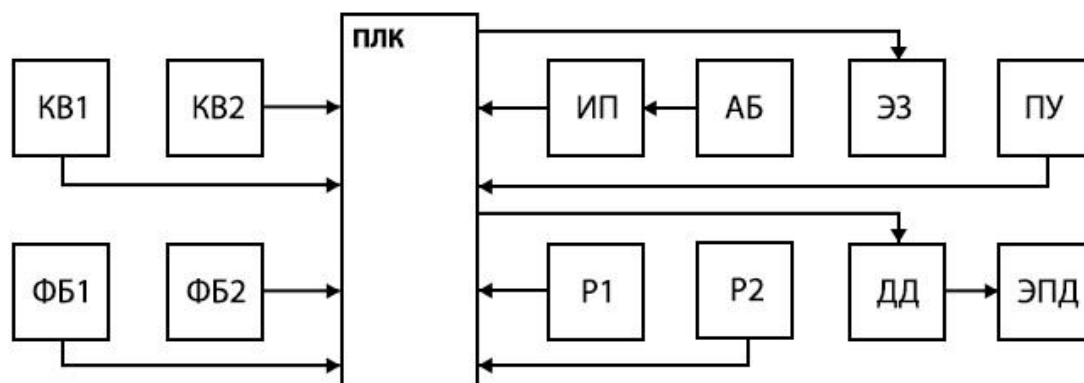


Рисунок 2 – Функциональная блок – схема устройства автоматических дверей

Данная схема спроектирована с учетом функциональных возможностей большинства, представленных на рынке ПЛК и состоит из следующих блоков: концевых выключателей (KB1 и KB2), и двух пар фотоэлементов безопасности (ФБ1 и ФБ2), вмонтированных непосредственно в корпус двери; пульта управления (ПУ), с помощью кнопок которого задается режим работы и скорость открытия дверей, а также обеспечивается возможность аварийного открытия двери через нажатие соответствующей кнопки; основного источника питания (ИП), помимо которого в системе имеется аккумуляторная батарея (АБ); двух радаров: внутреннего (P1), и внешнего (P2), роль которых могут выполнять инфракрасный или микроволновой датчики движения. Контроллер (ПЛК) передает управляющий сигнал на драйвер двигателя (ДД), который приводит в движение электропривод двери (ЭПД), построенный на базе бесщеточного двигателя постоянного тока с планетарным редуктором и ременной передачей. В случае отсутствия сигналов с датчиков радаров, контроллер передает сигнал на срабатывание электромеханического замка (ЭЗ), и тот в свою очередь блокирует механизм открытия двери.

Дверь автоматически открывается, когда ПЛК получает сигнал активации от одного из радаров (P1 или P2), в процессе обнаружения объекта перед дверями, и отдает управляю-

щую команду на мотор-редуктор для открытия панелей дверей. Когда в фокусе датчиков объектов не наблюдается, двери по истечении заданного периода времени начинают автоматически закрываться.

В большинстве случаев система управления автоматического открытия и закрытия дверей имеет в своей основе жесткий алгоритм работы, поскольку применяются специализированные типовые контроллеры управления. При использовании же ПЛК систему можно сделать адаптивной, точнее реагирующей на погодные и иные условия, уменьшая тем самым износ привода, направляющих, и делая систему в конечном счете более эффективной и экономичной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Елизаров И.А. и др. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры: Учебное пособие / И.А. Елизаров и др. - М.: «Издательство Машиностроение-1», 2004. - 180 с.

2. ГОСТ Р МЭК 61131-1-2016 Контроллеры программируемые. Часть 1. Общая информация.

3. Информационная технология: Рекомендации Р50-34.119-90. Архитектура локальных вычислительных сетей в системах промышленной автоматизации. М.: Госстандарт, 1991.

4. Урбан С. Автоматические двери: преимущества и недостатки, разновидности и принцип работы [Электронный ресурс] // dveridoma.net: все про двери. URL: <https://dveridoma.net/avtomaticheskie-dveri/> (дата обращения: 06.04.2023)

АКТУАЛЬНОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Старченко Дмитрий Алексеевич, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: dmitriy.starchenko@yandex.ru

Научный руководитель – Стальная Мая Ивановна, к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрена необходимость перехода производственных компаний к автоматизированным методам изготовления продукции. Приведены причины, использованные для обоснования проведения работ по автоматизации производственных процессов с уточнением изменения финансовых, трудовых и временных затрат. Выявлены положительные результаты от проведенных работ для производственных компаний и их сотрудников.

Ключевые слова: автоматизация, сокращение затрат, увеличение прибыли, производительность труда, безопасность труда.

Автоматизация – это единственно верный путь к производству доходной и востребованной продукции.

Необходимость внедрения систем автоматизации рассматривается довольно давно, поскольку большинство руководителей понимают, что невозможно изготавливать качественный и конкурентоспособный товар на годами износившемся и утратившем былую производительность оборудовании с ручным приводом.

Однако, согласно статистике, лишь немногие осознают реальную важность этого, особенно в периоды экономической нестабильности, откладывая развитие планов по автоматизации, вне зависимости от размера и статуса производственной компании.

Вопреки столь несерьезному отношению к модернизации, производства, которые решились на улучшения, держатся устойчивее большинства своих конкурентов, а также их экономические затраты на подобные системы плавно переходят в экономию финансовых средств в течение следующих 2-3 лет активного использования.

Эксперты отмечают, что с каждым годом увеличивается прирост специалистов, владеющих знаниями и технологиями современной автоматизации и активно применяющих имеющееся в собственных проектах или проектах других специалистов той же сферы. Развитие данного направления приводит к необходимости перехода к новым стандартам.

Рассмотрим причины, которые используются для обоснования необходимости проведения работ по автоматизации.

Повышение производительности труда:

За единицу времени работниками будет выпускаться больший объем продукции. Для производственной компании это означает возможность брать и выполнять заказы на больший объем, чего ранее позволить было нельзя.

Снижение трудозатрат:

Каждому сотруднику потребуется меньше трудовых затрат на выполнение необходимой работы в рамках поставленной задачи по выпуску продукции. Это позволит сотрудникам либо с меньшими затратами сил получать ту же заработную плату, либо с тем же уровнем трудозатрат выполнять большее количество задач, повысив тем самым собственную заработную плату.

Закрытие вопроса нехватки сотрудников:

Нехватка сотрудников обусловлена либо отсутствием на рынке труда специалистов с необходимой квалификацией, либо большими временными и финансовыми затратами на обучение и повышение квалификации сотрудников, которые в будущем могли бы занять необходимую должность. Автоматизация позволит одному сотруднику выполнять задачи, рассчитанные на большее количество человек или занимающие больше времени на выполнение [2].

Сокращение временных и трудовых затрат на мелкие задачи:

Многие специалисты, имеющие высокую квалификацию, вынуждены тратить время на мелкие задачи, предшествующие той, которая поставлена им изначально. Это не позволяет в полной мере использовать трудовые ресурсы производства. Автоматизация позволяет уменьшить временные и трудовые затраты на именно те, мелкие, задачи, которые задерживают выполнение основных.

Повышение безопасности труда:

На многих предприятиях производится изготовление продуктов из материалов, которые в процессе обработки выделяют вещества, причиняющие вред организму человека. Также существуют производства, где выполнение задач вручную часто приводит к травмам и, нередко, к летальному исходу. Автоматизация подразумевает сокращение присутствия человека непосредственно на месте выполнения задач, тем самым повышая безопасность труда [1].

Сокращение временных затрат:

Каждому сотруднику потребуется меньше времени на выполнение необходимой работы в рамках поставленной задачи по выпуску продукции. Это позволит производственной компании выполнять большее количество заказов за те же сроки.

Выполнение процессов, невыполнимых вручную:

Изготовление определенной продукции или выполнение особых задач ограничено возможностями организма человека. Автоматизация позволяет организовать процесс работы, недоступной для выполнения человеком. Для производственной компании это означает возможность расширения видов изготавливаемой продукции и увеличение круга потенциальных потребителей [3].

Улучшение качества изготавливаемой продукции за счет повышения точности:

Изготовление прецизионных (обладающих высокой точностью) изделий можно отнести к видам процессов, невыполнимых вручную. Даже высококвалифицированный специалист может добиться только определенного уровня точности. Автоматизация позволяет повысить этот уровень и поддерживать его при изготовлении партий товаров. За счет этого то-

вар приобретает более высокое качество и ценность на рынке, тем самым увеличивая прибыль производственной компании.

Рассмотрев приведенные причины, можно сказать, что компании, применяющие методы и процессы автоматизации на своем производстве, имеют более благоприятные отношения как со своими сотрудниками, так и с клиентами. В совокупности это повышает имидж всей компании в целом. Конкурентам лишь остается задаваться вопросом, что они делают не так.

Современный производственный рынок как никогда нуждается в автоматизации и, следующим за ней, развитии собственного трудового потенциала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Схиртладзе А.Г., Бочкарев С.В., Лыков А.Н., Борискин В.П. Автоматизация технологических процессов. – М.: ООО «ТНТ», 2013. – 524 с.
2. Пантелеев В.Н., Прошин В.М. Основы автоматизации производства. – М.: Академия, 2012. – 192 с.
3. Иванов А.А. Автоматизация технологических процессов и производств. Учебное пособие. – М.: Форум, Инфра-М, 2015. – 224 с.

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА С ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ ПАРАМЕТРАМИ

Сухинин Степан Евгеньевич, аспирант кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», e-mail:s.suxinin@corp.nstu.ru

Научный руководитель - Котин Денис Алексеевич, к.т.н., доцент, e-mail:d.kotin@corp.nstu.ru
Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

В работе рассмотрено влияние изменения параметров ленточного конвейера на качество работы системы управления. Основными параметрами являются упругость, вязкость и масса груза. Для исследования процесса пуска конвейера была использована математическая модель механической части конвейера на основе модели Кельвина-Фойгхта. Изменение массы груза происходит постоянно при работе конвейера, изменение же упругости и вязкости происходит только при механическом разрушении внутренних слоев ленты. В результате исследования было установлено, что масса груза не оказывает влияние на работу системы управления, значение имеет только изменение упругости.

Ключевые слова: ленточный конвейер, электропривод, тяговый фактор, ПИД-регулятор, SimInTech.

Пуск конвейера сопровождается сложными динамическими процессами, происходящими в ленте. Для исследования данных процессов большинстве случаев создается математическая модель механической части конвейера на основании модели Кельвина-Фойгхта [1]. При пуске конвейера лента движется с различной скоростью на различных участках конвейера. Это приводит к избыточному натяжению ленты на грузовой части ленты и провисанию ленты на холостой части. Это может привести к проскальзыванию ленты на приводном барабане, чтобы лента не проскальзывала, необходимо, чтобы выполнялось условие [2]:

$$\frac{S_{нб}}{S_{сб}} \leq e^{\mu(\alpha_1 + \alpha_2)} \quad (1)$$

где: $S_{нб}$ – натяжение набегающего участка ленты на первый приводной барабан, Н; $S_{сб}$ – натяжение сбегающего участка ленты со второго приводного барабана, Н; e – основание натурального логарифма, равное 2,73; μ – коэффициент сцепления ленты с приводным барабаном; α – угол обхвата лентой каждого из приводных барабанов, рад/с.

Для минимизации колебаний ленты и тягового фактора могут быть использованы различные системы управления конвейером. На рисунке 1 представлена система управления [3], позволяющая за счет рассинхронизации приводных барабанов минимизировать колебания участков ленты и значения тягового фактора.

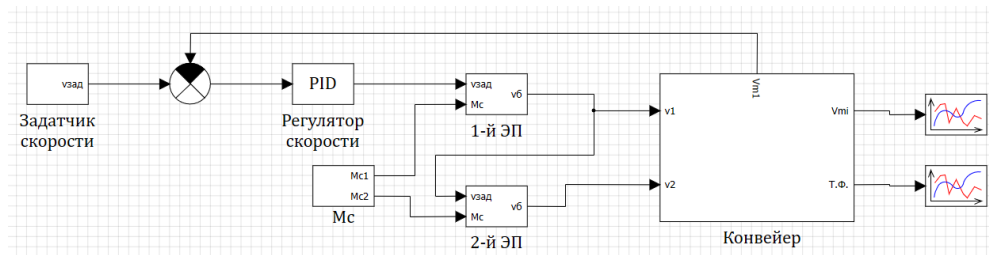


Рисунок 1 – Структура схема системы конвейера с регуляторов скорости

Система управления представляет собой трехконтурную систему подчиненного регулирования, включающую в себя контур тока и два контура скорости. Структурная схема для синтеза системы управления представлена на рисунке 2.

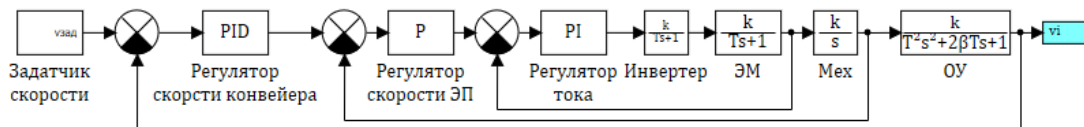


Рисунок 2 – Структура схема системы управления

Передаточная функция объекта управления, в данном случае сосредоточенной массы конвейера, получена из статического режима работы конвейера при полной загрузке ленты грузом. При этом при реальной работе конвейера масса груза на ленте постоянно меняется и может быть распределена неравномерна. Это может негативно сказаться на переходном процессе конвейера при пуске. Для определения влияния массы груза на качество управления рассматривается три режима пуска: 1) пуск конвейера без груза; 2) пуск конвейера с половиной расчетной загрузки; 3) пуск конвейера с максимальной загрузкой. Математическое моделирование производится в среде математического моделирования SimInTech.

На рисунке 3 представлен график скорости сосредоточенной массы конвейера при трех видах пуска.

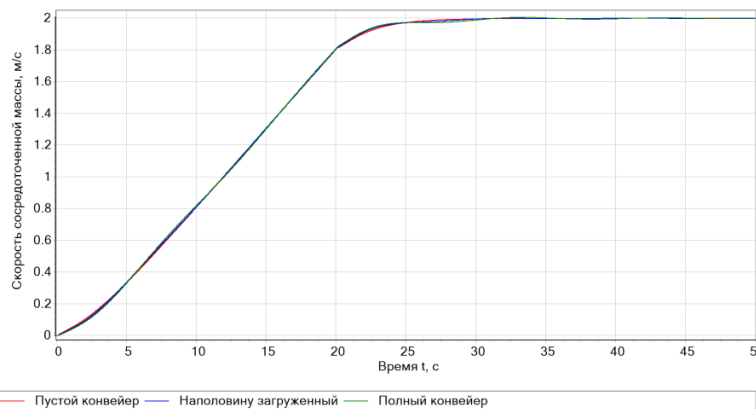


Рисунок 3 – график скорости сосредоточенной массы конвейера

Из рисунка видно, что изменение массы от минимального до максимального значения практически не повлияло работу системы управления.

На рисунке 4 представлен график значения тягового фактора при тех же условиях пуска.

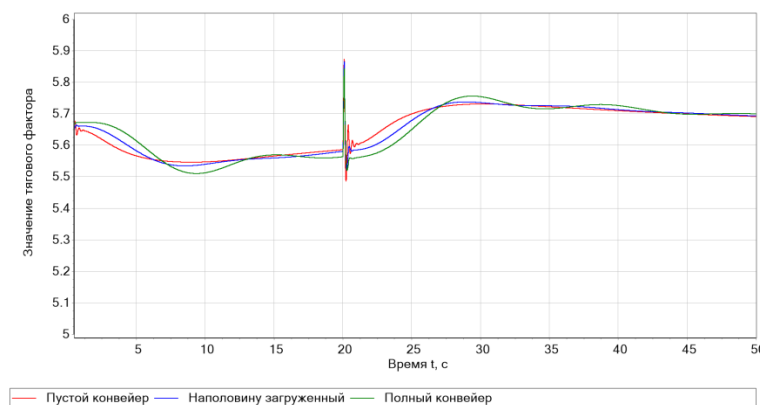


Рисунок 4 – Значение тягового фактора конвейера

Ситуация с тяговым фактором аналогична, колебания при различной массе груза отличаются незначительно.

Из этого можно сделать вывод, что масса груза не оказывает значительного влияния на колебательные процессы, происходящие в ленте при пуске конвейера. Поэтому синтез системы управления может производиться только для номинального режима работы конвейера. При выходе конвейера из номинального режима работы система управления обеспечит заданное качество переходного процесса.

Необходимо также рассмотреть какое влияние оказывает изменение упругости и вязкости конвейерной ленты на работу системы. Значение вязкости зависит от упругости (жёсткости) и определяется по формуле:

$$D = \tau \cdot K \quad (2)$$

где τ – реологическая постоянная времени, равная 0,8 с.

Изменение упругости ленты возможно при разрыве одного из тросов резиновых тросовой ленты, либо при разрыве прокладки резиноканевой ленты.

На рисунке 4 представлен график скорости сосредоточенной массы конвейера в трех режимах пуска: 1) пуск с номинальной жесткостью; 2) пуск с жесткостью 75% от номинальной; 3) пуск с жесткостью 50% от номинальной.

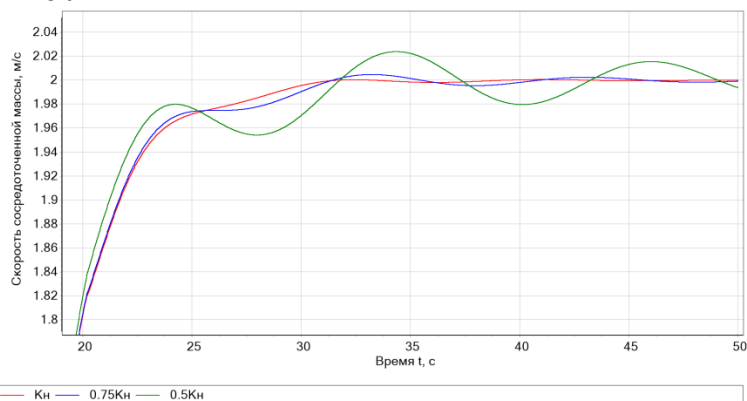


Рисунок 4 – График скорости сосредоточенной массы конвейера при различной жесткости ленты

Из графика видно, что при снижении жесткости увеличивается колебание ленты при пуске.

На рисунке 5 представлен график тягового фактора при различной жесткости ленты.

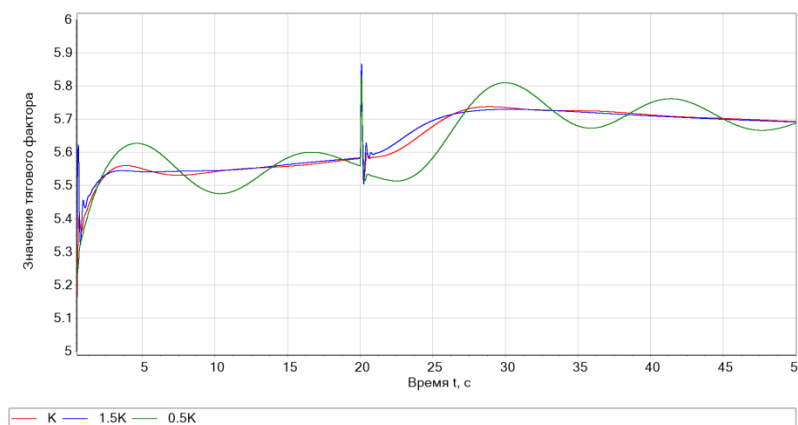


Рисунок 5 – Значение тягового фактора конвейера при различной жесткости ленты

Из рисунка видно, что при уменьшении жесткости колебания тягового фактора значительно увеличиваются.

В заключение можно сделать вывод, что изменение жесткости ленты, а соответственно и вязкости, являются главными факторами, влияющими на работу системы управления. Их изменение возможно только при механическом повреждении троса и прокладок ленты. Масса груза на ленте не оказывает влияние на колебательные процессы в ленте, поэтому синтез системы управления может производиться только для номинального режима работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Zhou Q., Gong H., Du G., Zhang Y., He H. Distributed Permanent Magnet Direct-Drive Belt Conveyor System and Its Control Strategy // *Energies*. – 2022. – Vol. 15. – no. 22. – p. 8699. DOI: 10.3390/en15228699.
2. Реутов А.А. Моделирование стационарных режимов работы многоблочных приводов ленточных конвейеров // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. – 2019. – №. 2 (62). – С. 40-47.
3. Котин Д.А., Сухинин С.Е. Способы минимизации тягового фактора ленточного конвейера // *Горное оборудование и электромеханика*. 2023. №1 (165). С. 24-32. DOI: 10.26730/1816-4528-2023-1-24-32

РАСЧЕТ ДОЗАТОРА-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО АППАРАТА ПОДОГРЕВА ЗЕРНА

Сухоруких Илья Валентинович, магистрант кафедры ЭПП, e-mail:sukhorukikh2222@mail.ru
 Логвиненко Никита Юрьевич, магистрант кафедры ЭПП, e-mail:nik-logvinenko@mail.ru
 Научный руководитель - Халин Михаил Васильевич, д.т.н., профессор, e-mail:temf@yandex.ru
 Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия

Представлена технология подогрева зернового материала с использованием электрического аппарата подогрева зерна на основе композиционных электрообогревателей. Приведены расчеты для определения объема сектора дозатора-распределителя, рассчитана максимальная производительность дозатора-распределителя, выполнен расчет предварительной величины эквивалентного момента мотор-редуктора. Представлена методика выбора требуемого двигателя, выполнены экспериментальные исследования режимов работы дозатора-распределителя.

Ключевые слова: электрический аппарат подогрева зерна, композиционный электрообогреватель, дозатор-распределитель, частотное регулирование, двигатель, производительность установки.

Разработанная конструкция электрического аппарата подогрева зерна (ЭАПЗ) состоит из нескольких основных элементов: каркас, кассет с электрообогревателями МКЭ, шкафа управления и дозатора-распределителя [1].

Для определения производительности ЭАПЗ необходимо выполнить расчет дозатора-распределителя, который в автоматическом режиме осуществляет выпуск подогретого зерна посредством частотно-регулируемого электропривода.

Производительность ЭАПЗ G_d контролируется дозатором-распределителем, конструкция которого выполнена на всю длину бункера ЭАПЗ. На рисунке 1 изображена схема поперечного сечения дозатора-распределителя.

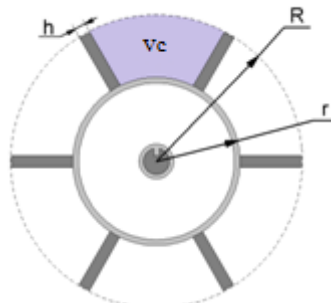


Рисунок 1 – Поперечное сечение дозатора-распределителя

При этом достигается однородность температуры зерновой массы, в процессе его прохождения вдоль вертикально расположенных электрообогревателей МКЭ.

Для расчета производительности дозатора-распределителя получена формула:

$$G_d = \frac{V_c \times n \times z \times \rho_z}{60}, \quad (1)$$

где

V_c – объём одного сектора, m^3 ; n – максимальное число оборотов вала дозатора-распределителя, равное 14,7 об/мин; z – количество секций, 6; ρ_z – расчетная плотность зерна, равная 800 кг/м^3 .

Для определения объема V_c сектора дозатора распределителя получена формула:

$$V_c = (R - r) \times \left[\frac{\pi \times (R+r)}{z} - h \right] \times l, \quad (2)$$

где

R – внутренний радиус корпуса дозатора-распределителя, м, r – радиус вала дозатора-распределителя, м, h – толщина одной лопасти, м, l – длина дозатора, м.

$$V_c = (0,044 - 0,025) \times \left[\frac{3,14 \times (0,044 + 0,025)}{6} - 0,005 \right] \times 1 = 0,59 \times 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Отсюда следует, что максимальная производительность дозатора-распределителя будет равна:

$$G_d = \frac{0,59 \times 10^{-3} \times 14,7 \times 6 \times 800}{60} = 0,69 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 2,48 \frac{\text{т}}{\text{ч}}$$

Для того чтобы предварительно выбрать мощность двигателя используется метод эквивалентного момента [2].

Расчет предварительной величины эквивалентного момента $M_э$, Н•м, выполним по формуле:

$$M_э = \sqrt{\frac{M_0^2 \times (t_1 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10}) + M_0^2 \times K^2 \times (t_2 + t_3 + t_4)}{t_{\text{раб}} + t_{\text{дин}} \times \alpha + t_{\text{паузы}} \times \beta}}, \quad (3)$$

где

t_1 – время разгона от 0 до $0,1\omega$, t_2 – время разгона от $0,1\omega$ до ω , t_3 – время работы вперед, t_4 – время торможения от ω до $0,1\omega$, t_5 – время торможения от $0,1\omega$ до 0, t_6 – время разгона в обратном направлении от 0 до ω , t_7 – время разгона в обратном направлении от ω до

$\gamma\omega$, t_8 – время работы в обратном направлении, t_9 – время торможения в обратном направлении от $\gamma\omega$ до ω , t_{10} – время торможения в обратном направлении от ω до 0, t_{11} – время паузы.
 $t_{\text{раб}} = t_3 + t_8 = 62,5 + 30,5 = 93 \text{ с}$, $t_{\text{дин}} = t_1 + t_2 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_9 + t_{10} = 0,1 + 0,9 + 0,45 + 0,05 + 0,625 + 0,375 + 0,1875 + 0,3125 = 3 \text{ с}$, $t_{\text{паузы}} = t_{11} = 144 \text{ с}$, $\alpha = 0,75$, $\beta = 0,5$.

$$M_3 = \sqrt{\frac{47^2 \times (32,15) + 47^2 \times 3^2 \times (63,85)}{93 + 3 \times 0,75 + 144 \times 0,5}} = 89,52 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Проведя анализ результатов проведённых расчетов, можно выбрать необходимый нам двигатель. Выбираем двигатель MS632-6 [3].

Для измерения температуры были использованы две термопары типа ХК(L), первая термопара находилась непосредственно в нагревательной секции, которая подключалась к терморегулятору ТРМ 202 КН РР. Температура в нагревательной секции отображалась на его дисплее. Вторая термопара была вмонтирована в корпус установки между нагревательной секцией и дозатором-распределителем. Под данную термопару был запрограммирован вход нормирующего преобразователя НПТ 2.00.2.1 в диапазоне температур от +20 °С до +45 °С. Преобразователь частоты Веспер Е2-8300-001Н настроен на параметры подключенного двигателя и, в зависимости от уровня сигнала, приходящего от нормирующего преобразователя, регулировал скорость вращения мотор-редуктора дозатора-распределителя.

Таблица 1- Экспериментальные данные

$T_{\text{вых.}}, \text{°C}$	24	29,5	34,6	37,5
$n_{\text{дв}}, \text{об/мин}$	384	522	606	830
$N_{\text{доз}}, \text{об/мин}$	6,4	8,7	10,1	14,7

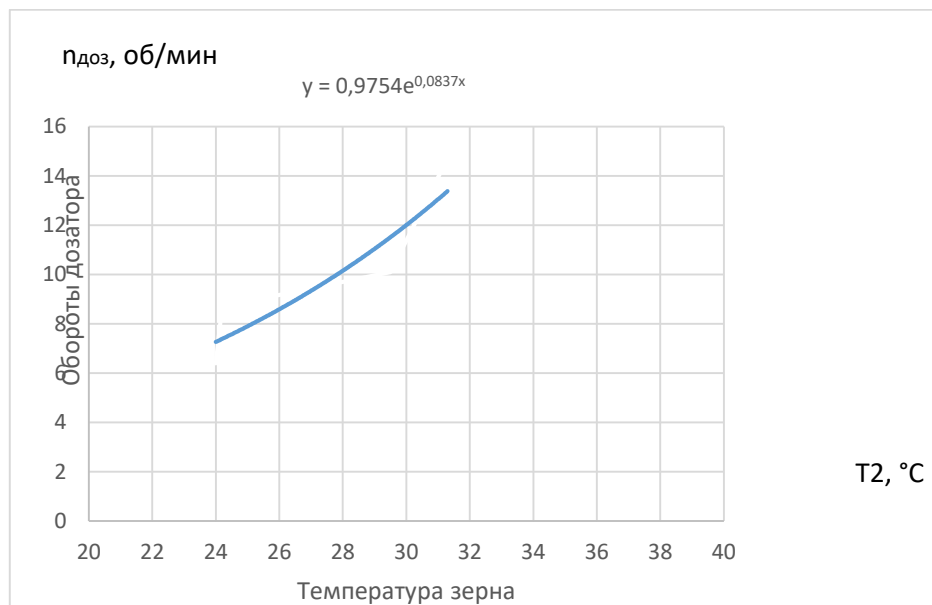


Рисунок 2 - Выгрузка зерна дозатором-распределителем



Рисунок 3 – График зависимости оборотов дозатора n от температуры T_2

В результате, проведенных исследований выполнен расчет дозатора-распределителя, что в конечном итоге позволяет определить производительность всей установки ЭАПЗ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Халин М.В. Разработка проекта и изготовление экспериментального образца аппарата подогрева зерна на основе многоэлектродных электрообогревателей. Отчет о НИОКР: / М.В. Халин, Т.М. Халина, Д.Г. Часовщиков, В.В. Шатохин // ООО «АгроТермия», 2014. – ГР № 01201372140, ГК №12012р / Интернет-номер: 214070500001. - Барнаул, 2014. - 59 с.

1. Сборник информации о двигателях различных модификаций. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://avtika.ru/chto-takoe-ekvivalentnyy-moment-dvigatelya>. Дата обращения – 05.04.2023

2. ТехПривод. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://tehprivod.su/katalog/elektrodvigateli/xinrui/ms/ms632-6.html>. Дата обращения – 05.04.2023

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ОБОГРЕВАТЕЛЕЙ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Федоров Евгений Евгеньевич, магистр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: sidjis@mail.ru

Научный руководитель – Халина Татьяна Михайловна, д.т.н., профессор, e-mail: temf@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрены возможности применения наноструктурных электрообогревателей МКЭ для обеспечения бесперебойной связи, которые будут энергоэффективно локально обогревать электронные устройства управления и связи в диапазоне температур от $+19^{\circ}$ до $+22^{\circ}\text{C}$. Приведены основные схемы использования НМКЭ в контейнерах связи и сравнение потребления электрической энергии оборудованием электронной связи до и после установки систем обогрева на основе НМКЭ с саморегулирование в виде сравнительной диаграммы.

Ключевые слова: композиционный обогреватель, телекоммуникация, потребление электроэнергии, энергоэффективность, схемы использования

В современном мире экономия электроэнергии является важным фактором во всех областях нашей жизни. Так и в области телекоммуникации, для локального обогрева электронных устройств управления и связи, важно правильно расходовать электроэнергию. Т.к. в некоторых регионах России минусовая температура является нормальным явлением, оборудование в контейнерах связи начинает работать некорректно, что отразится на всей работе телекоммуникации в целом или даже могут выйти из строя. Данную проблему могут решить наноструктурные электрообогреватели НКЭ, они помогут уменьшить затраты на обогрев всего помещения и обеспечат оптимальную работу всего шкафа управления и связи.

Начнем с того, что электрообогреватели для телекоммуникации необходимы по нескольким причинам: 1) для защиты шкафа управления от конденсации, потому что при резких перепадах температур возникает конденсация, электрообогреватели поддерживают установленную температуру, вследствие чего конденсация не возникает; 2) для уменьшения риска коррозии, потому что электрообогреватели поддерживают оптимальную; 3) для поддержания оптимальной температуры, т.к. электрообогреватели даже при выключении оборудования на ночь поддерживают установленную температуру, это способствует повышению их надежность. Первоначально силовое оборудование и контейнеры управления связью находились в месте цифровой автоматической телефонной станции модели МС-240 [1]. Для поддержания установленной температуры всего помещения обогрев осуществлялся устаревшими способами, т.е. масляными радиаторами и электрокалориферами.

Для снижения расхода электроэнергии была взята данная схема расположения НКЭ для оптимального локального обогрева контейнеров связи, которые обозначены на рисунке 1. [2,3]

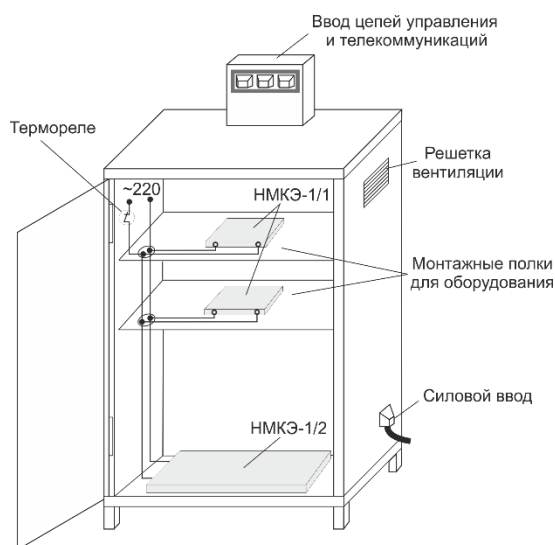


Рисунок 1 - Схема расположения электрообогревателей НКЭ в контейнере

В данной системе обогрева используется два электрообогревателя НКЭ-1/1, размеры которых 200x135x10 мм, массой 0,3 кг, и один НКЭ-1/2, размеры которого 570x410x10 мм, массой 3,3 кг, общей мощностью 125 Вт, что обеспечивает необходимую температуру в зоне работы электронных блоков и аккумуляторных батарей. Кроме этого, данная система предусматривает температурное реле ТРМ-11. Данной реле отвечает за защиту аппаратуры от возможных превышений допустимых значений рабочих температур, посредством размыкания цепей питания НКЭ. Максимальная температура не должна быть выше +30°C.

Производственные опыты системы обогрева контейнеров электронной связи на основе НКЭ с непрерывным саморегулированием проводились в Алтайском крае Чарышского муниципального района. Диапазон температуры окружающего воздуха в исследуемых

районах была от $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, измерения температуры проводились с помощью стандартного пиromетра ТПТ – 62 внутри контейнера в нескольких точках 3 раза в сутки в рабочее время. Опытным путем выявлено, что температура внутри контейнера не опускалась ниже $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ с погрешностью $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение всего периода измерений. Данный факт свидетельствует о том, что оборудование связи работает корректно (рисунок 2).

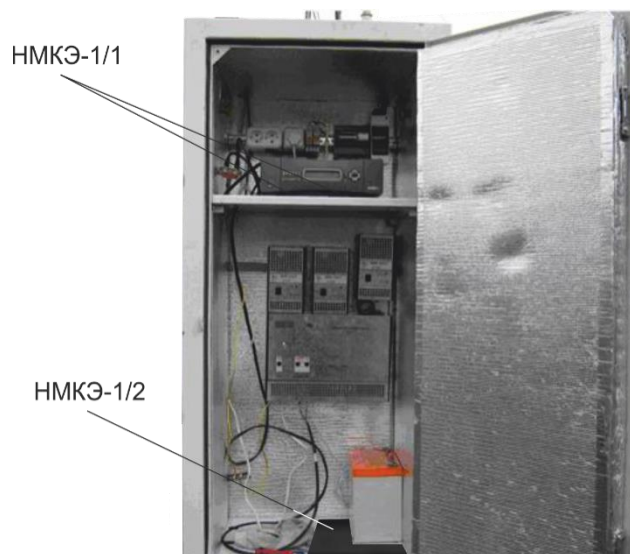


Рисунок 2 - Фотография контейнера связи с оборудованием и НМКЭ

Компания ОАО «Ростелеком» установила 27 контейнеров с данной системой обогрева в 10 районах Алтайского края, сравнение потребления электроэнергии до и после внедрения разработанной технологии представлены в виде диаграммы на рисунке 3, которая показывает нам снижение расхода электроэнергии в некоторых районах в несколько раз после установки разработанной технологии.

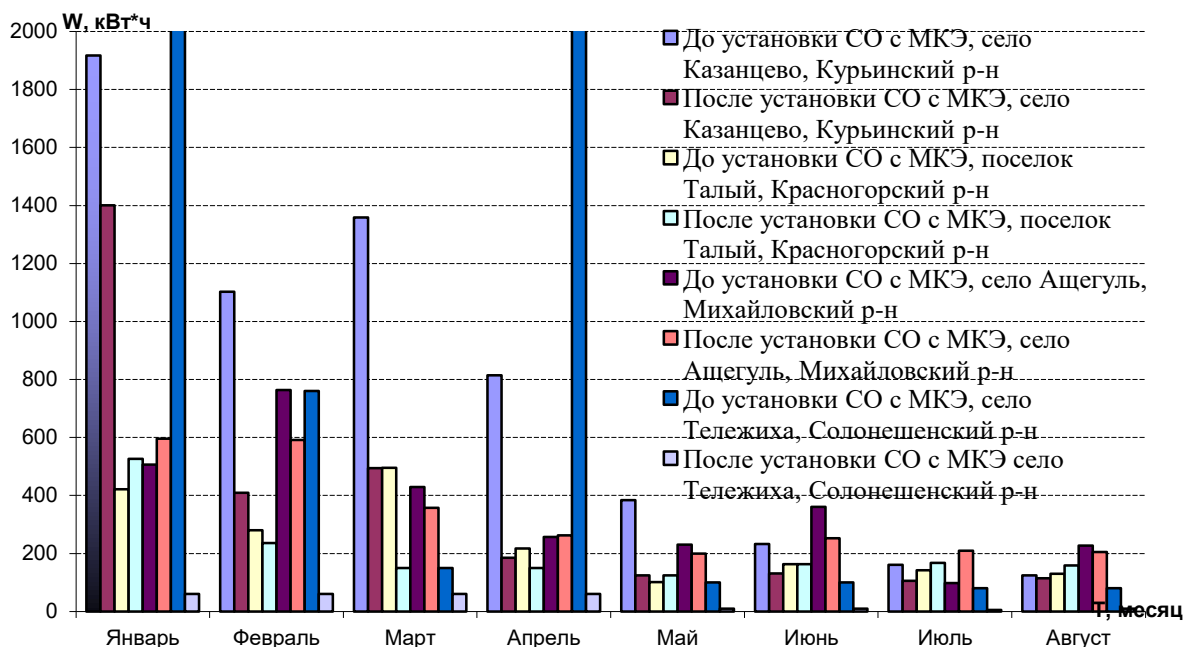


Рисунок 3 - Диаграмма затрат электроэнергии оборудованием электронной связи перед установкой и после установки систем обогрева на основе наноструктурных электрообогревателей с саморегулированием

По результатам полученных данных можно сказать, что потребление электроэнергии существенно уменьшилось, поэтому можно сделать вывод, что данная система обогрева с

наноструктурными обогревателями МКЭ эффективна и уместна даже в таком неблагоприятном климате как в Алтайском крае. Также данная система полностью решает вышеизложенные проблемы в виде коррозии и конденсации из-за стабильности поддержания температурного режима.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Цифровая АТС МС-240: [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.atc-tele.ru/mc240/mc240.php>
2. Разработка энергоэффективных технологий обогрева и опытных образцов изделий на основе многоэлектродных композиционных электрообогревателей [Текст]: отчет о НИОКР / ООО «ЭнергоЭффектТехнология»; Т.М. Халина, М.В. Халин, А.Б. Дорош, А.В. Жуйков, и др. – Барнаул, 2012. – 123 с. – № ГР 01201164482.
3. Разработка проектно-конструкторской документации для создания устройств и установок на основе многоэлектродных композиционных электрообогревателей [Текст]: отчет о НИОКР / ООО «ЭнергоЭффектТехнология»; Т.М. Халина, М.В. Халин, А.Б. Дорош, М.Н. Строчков и др. – Барнаул, 2009. – 178 с. – № ГР 02200953368

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Шумский Денис Валерьевич, магистрант кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: d_shumskiy@mail.ru
Научный руководитель – Халина Татьяна Михайловна, д.т.н., профессор, e-mail: temf@yandex.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрены основные аспекты применения тиристорного частотного преобразователя, управляющего асинхронным электродвигателем переменного тока на производствах и предприятиях для регулирования и экономии средств на электроэнергию. Приведены основные виды систем, при которых повышение эффективности систем за счет использования преобразователя частоты максимально, и его применение экономически оправдано.

Ключевые слова: частотный преобразователь, асинхронный электродвигатель, энергосбережение, эффективность, нагрузка

Преобразователь частоты (ПЧ) – устройство, преобразующее переменный ток (напряжение) одной частоты в переменный ток (напряжение) другой частоты. В современных преобразователях выходная частота может изменяться в широком диапазоне и быть как выше, так и ниже частоты питающей сети.

Преобразователи входят в обиход многих производств, они выполняют функцию плавного пуска и регулирования скорости вращения асинхронного электродвигателя. Многие старые и только строящиеся производства переходят на данный тип регулирования для повышения эффективности работы двигателей.

Частотное регулирование угловой скорости вращения асинхронного электродвигателя широко используется в различных отраслях, благодаря ряду своих достоинств:

- плавное и точное изменение оборотов вращения асинхронного электродвигателя;
- большой диапазон регулирования;
- отсутствие элементов, рассеивающих энергию;
- высокая жесткость искусственных механических характеристик;
- удаленное управление переходными процессами;
- защита электродвигателей от перегрузок.

Эти и другие достоинства позволяют назвать частотное регулирование современным и наиболее эффективным способом управления вращения асинхронного электродвигателя [1].

Преобразователь частоты позволяет установить время разгона электродвигателя, а также возможность регулирования разгона по обратной связи регулируемой величины, что позволит значительно повысить эффективность работы привода и понизить потребление энергии во время пуска. Кроме того, экономия достигается и за счет меньшего износа оборудования.

Высокого уровня эффективности применения частотного преобразователя можно добиться при применении его с приводом насосных агрегатов и вентиляции, где частотный преобразователь выступает современной альтернативой дроссельной заслонки. Эффективность применения ПЧ в данных системах может достигаться энергосбережением вплоть до 75% мощности номинала электропривода (рисунок 1).

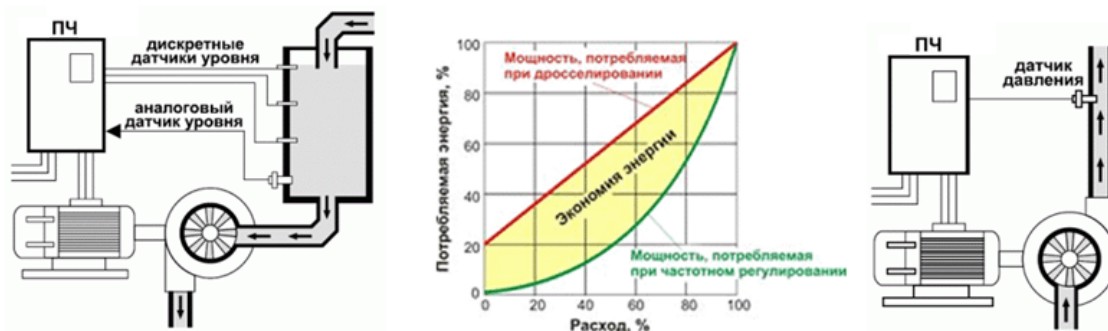


Рисунок 1 – Система ПЧ-насос

В случае использования преобразователя частоты в системах с дымососами и компрессорами также возможно добиться значительной экономии энергопотребления (рисунок 2) [2].

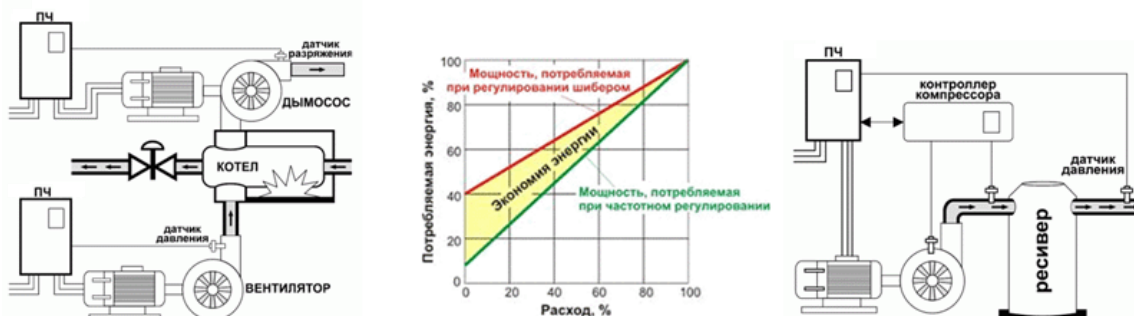


Рисунок 2 – Система ПЧ-компрессор

Применение частотного преобразователя влечет за собой высокую экономию электроэнергии в любых системах электропривода с АД. Так как, ПЧ способен регулировать значения скорости вращения и момента двигателя в зависимости от нагрузки и приходящих сигналов с датчиков (в зависимости от задач электропривода), то при снижении нагрузки или, например, снижении потребления воды в системе, он способен замедлить электродвигатель или в случае необходимости ускорить, изменить момент двигателя. По мимо этого, также снижаются пусковые токи, что способствует увеличению срока службы, а также возможности частого пуска электродвигателя.

При снижении частоты на 15 Гц снижается электропотребление на 27% [3]. Таким образом, при использовании электропривода насоса мощностью, например, 0,75 кВт и соответствующего частотного преобразователя. То экономию электроэнергии можно рассчитать по формуле:

$$\mathcal{E} = P_{пч} \cdot \mathcal{Ч} \cdot \mathcal{Д} \cdot \frac{K}{100\%} \cdot T,$$

Где \mathcal{E} - экономия денежных средств, руб.; $P_{пч}$ - мощность преобразователя частоты, кВт; $\mathcal{Ч}$ - среднее количество часов работы привода в день, ч; $\mathcal{Д}$ - число дней в отчетном пери-

оде (обычно принимают равным 30 или 365 чтобы вычислить экономию за месяц или за год соответственно); К - коэффициент, показывающий ожидаемый процент уменьшения потребляемой двигателем мощности, %; Т - тариф на электроэнергию, руб./кВт*ч [4].

Возьмем насос, работающий 24 часа в сутки 365 дней в году.

Тогда экономия составит:

$$\mathcal{E} = 0,75 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,27 \cdot 7,2 = 12772 \text{ рублей в год}$$

Тем самым, окупаемость частотного преобразователя (стоимостью 30000 рублей) составит 857 дней (28 месяцев).

Однако при использовании частотного преобразователя 15 кВт (стоимостью 80000 рублей) под более мощный привод (15 кВт). То экономия составит:

$$\mathcal{E} = 15 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,27 \cdot 7,2 = 255442 \text{ рубля в год}$$

Тем самым, окупаемость частотного преобразователя (стоимостью 80000 рублей) составит 114 дней (4 месяца).

На данный момент использование частотных преобразователей в системах, где постоянно происходит изменение нагрузки, оправдано и повышает общую эффективность системы за счет экономии расходов на электроэнергию, а также позволяет внедрить привод в общую систему автоматического управления производством благодаря интерфейсам связи частотных преобразователей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Преобразователь частоты для асинхронного двигателя [Электронный ресурс] / techtrends.ru – Режим доступа: <https://techtrends.ru/resources/articles/preobrazovatel-chastoty-dlya-asinkhronnogo-dvigatelya/>

2. Применение преобразователей частоты [Электронный ресурс] / rus-privod.ru – Режим доступа: http://rus-privod.ru/preobrazovateli_chastoty_practica.html

3. Экономия электроэнергии частотными преобразователями [Электронный ресурс] / polusplus.net – Режим доступа: <https://polusplus.net/info/articles/inzhenernye-sistemy/ekonomiya-elektroenergii-chastotnymi-preobrazovatelyami/>

4. Ганиев Р.Н. Повышение энергетических показателей сетевого входа электроприводов с помощью активных выпрямителей в составе преобразователей частоты // Вестник Чувашского университета. - 2022. № 1.-С. 44-52. РОЕ 10.47026/810-1909-2022-1-44-52.

ПОДСЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И БЫТА»

КОНЦЕПЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ И УСЛОВИЙ, ДЛЯ РАСЧЁТА ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В СЕТИ В РЕЗУЛЬТАТЕ КОММУТАЦИИ

Антонова Елизавета Максимовна, бакалавр кафедры ЭПБ, e-mail: elizabetha25@yandex.ru
Научный руководитель – Нефедов Сергей Федорович, к.т.н., доцент, e-mail: nfdv@inbox.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной статье рассмотрены условия возникновения коммутационных перенапряжений в сети с математической точки зрения. Рассматривается трёхфазный коммутационный эффект в первом приближении, а затем сам переходный процесс в моделируемой цепи в условиях её полной симметрии. Учитывается фаза коммутации и её влияние на начальные условия, которые должны определить в итоге не только величину перенапряжений, но и скачки тока. Ставится акцент на необходимости учёта магнитных свойств стали и нелинейности эффекта намагничивания.

Ключевые слова: электрическая дуга, перенапряжения, переходные процессы, фаза коммутации, сопротивление дуги.

Перенапряжения в сети электроснабжения являются повседневной проблемой энергокомпаний и потребителей. Они негативно влияют на качество электроснабжения и даже могут выводить оборудование из строя. При этом электросетевые перенапряжения могут иметь различную природу происхождения. Они бывают внутренние и атмосферные. К внутренним перенапряжениям относят режимные, коммутационные и дуговые. К атмосферным относят перенапряжения вследствие удара молнии, т.е. от воздействия грозовых разрядов. При прямом попадании молнии в электроустановку возникают одни из самых опасных видов перенапряжений, которые в пике могут достигать миллионов вольт. Однако прямое попадание молнии в электроустановку является достаточно редким явлением. В большинстве случаев грозовой разряд попадает в область рядом с самой установкой, но индуцированные перенапряжения при этом очень велики. Борьба с ними является важной отдельной научной задачей, которую мы здесь не рассматриваем.

Для расчёта коммутационных перенапряжений, задачу определения которых мы рассматриваем, необходимо выделить ряд факторов, их определяющих. Следует обратить внимание, что теория трёхфазных электрических цепей, которая используется для моделирования сети электроснабжения, имеет свою специфику. Для анализа условий, формирующих перенапряжение, в условиях которого затем протекает переходный процесс, мы должны учесть следующие параметры: напряжение сети как переменное, фазу коммутации, а также учесть, что синхронность коммутации по соседним фазам достигается конструкцией коммутирующего аппарата. Помимо этого, важно, что многие виды разъединителей достаточно специфично устроены. В результате отсутствия необходимых физических условий, таких как воздушная среда и возможность ионизации с последующим уменьшением сопротивления в области образования плазмы, электрическая дуга в них фактически не возникает.

Рассмотрим общий вид схемы коммутации в трёхфазной электрической цепи, упрощённый вид которой помогает оценить задачу:

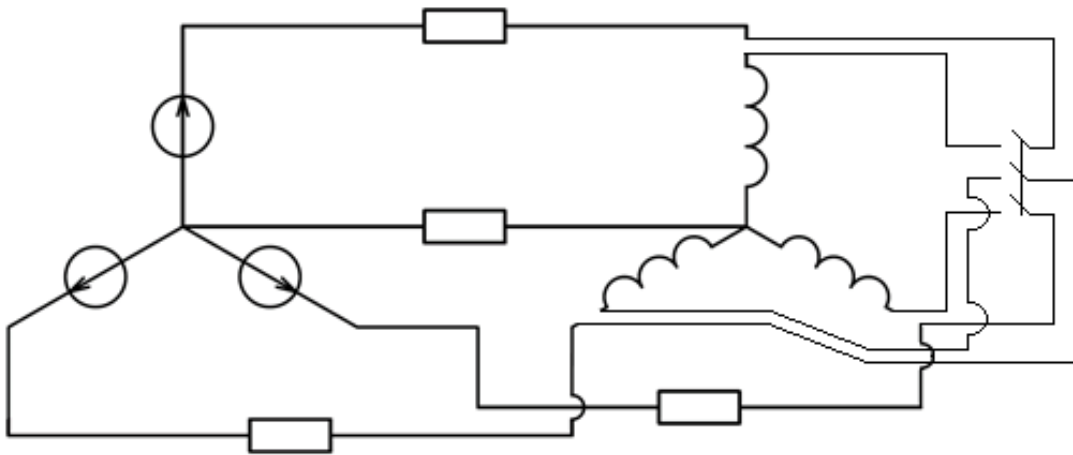


Рисунок 1 – Схема коммутации в симметричной трёхфазной цепи.

Условия симметрии, а также синусоидальная форма ЭДС позволяют нам вследствие возникновения в цепи устойчивых точек с одинаковыми потенциалами рассмотреть процесс коммутации на схеме замещения, содержащей один источник ЭДС [1].

Следует также отметить, что ветви симметричной трёхфазной цепи, соединённые треугольником, с помощью стандартных преобразований приводятся к аналогичной схеме замещения. Поэтому на текущем этапе моделирования мы их опускаем как подобные. В таком случае в качестве схемы замещения мы имеем цепь, состоящую из последовательно соединённых: источника ЭДС, активного сопротивления и индуктивности. После того, как мы размыкаем ключ, помимо активного сопротивления линии в контуре с током появляется сопротивление дуги. Описание данного процесса было представлено в ранних публикациях [2]. Для упрощения модели на текущем этапе анализа примем сопротивление дуги за постоянную величину на определенном отрезке времени. В реальности данный подход будет иметь прямое отношение к корректному расчёту, т.к. математическое развитие электрической дуги – процесс итерационный, и каждый из шагов расчёта работает с точечной величиной $R_{\text{дуги}}$, фактически повторяя данную идею. При этом требуемая точность вычислений может быть обеспечена необходимым количеством итераций.

Рассмотрим начальные условия. Для этого будем опираться на некоторые значения индуктивного и активных эффектов. Сами значения на этапе построения модели не принципиальны. Это позволит увидеть необходимые точечные параметры в виде чисел, что несколько повышает наглядность:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{Z} = \frac{220e^{j30}}{2 + j15,7} = 12,04e^{-j84}$$

Исходя из первого закона коммутации, мы можем сказать, что вектор \dot{I}_A определяет докоммутационный индуктивный ток $i_L(0^-) = 12,04\sqrt{2} \sin(-84) = -16,9$ А.

При отсутствии резонансных явлений, определяемых видом коэффициентов характеристического уравнения функциональная зависимость тока от времени будет иметь вид:

$$i_L(t) = A_1 e^{p_1 t} + A_2 \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_1)$$

Так как мы размыкаем цепь, то можно утверждать, что $i_{Lnp} = 0$ [А].

$$U_L(t) = B_1 e^{p_1 t} + B_2 \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_2)$$

Перенапряжение должно возникнуть на этапе свободной составляющей.

Для определения коэффициента затухания p_1 воспользуемся характеристическим уравнением. В рассматриваемой цепи протекает один ток, следовательно, матрица уравнений, определяющих свободные токи в цепи по законам Кирхгофа, будет состоять из одного уравнения. Тогда определитель матрицы равен внутреннему сопротивлению цепи, а для свободных токов он обязан быть равен нулю:

$$\Delta = Z = 0$$

То есть, для свободных составляющих напряжений и токов:

$$R + R_\delta + p_1 L = 0 \Rightarrow p_1 = -\frac{R + R_\delta}{L}$$

При коммутации на размыкание реактивная энергия, накопленная при протекании тока по замкнутой докоммутационной цепи, постепенно рассеивается. Это объясняет знак «минус» в уравнении для коэффициента затухания p_1 . Коэффициент затухания может изменяться в зависимости от продолжительности горения электрической дуги, что можно увидеть в представленной формуле. При $R_\delta = 100$ Ом для некоторого точечного момента времени t получаем $p_1 = -2040$.

После этого нам остаётся только вычислить интересующие нас постоянные интегрирования, дающие представления о скачках тока и перенапряжения в цепи.

Придерживаясь $t = 0$ и опираясь на первый закон коммутации, мы можем с помощью линейного уравнения вычислить A_1 :

$$i_L(0-) = i_L(0+) = A_1 + A_2 = -16,9$$

Принуждённая составляющая тока $A_2 = 0$, поэтому $A_1 = -16,9$.

Результатом данных вычислений является понимание того, что исходное напряжение сети электроснабжения, в особенности фаза его коммутации напрямую влияет на величину тока переходного процесса, что в свою очередь, позволяет судить о напряжении на катушке индуктивности в соответствии с законом электромагнитной индукции. Коэффициенты B_i вводятся именно для него.

Однако стоит отметить, что в данной модели не учитываются многие факторы. Одним из них является нелинейность индуктивности. При расчетах переходных процессов необходимо учитывать марку стали, а зависимость $L(\psi, i)$ должна отображать процесс ее насыщения. Моделирование этого процесса – это дополнительная задача, которую мы планируем рассмотреть в дальнейшем, опираясь на соответствующую теорию [3].

Как видно из вышеописанного, переходный процесс в условиях насыщения стали магнитопровода катушки может привести к возникновению больших величин токов. Данное обстоятельство наглядно показывает опасность этого физического явления не только для потребителей, но и для инфраструктуры сетей электроснабжения в целом. Поэтому моделирование и коммутационных перенапряжений, и связанных с этим явлением токов имеет огромное значение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Теоретические основы электротехники [Электронный ресурс]: Учебник / И.Я. Лизан и др. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 628 с.: ил. табл. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/114971.html> – Загл. с экрана.
2. Анализ подходов к моделированию перенапряжений в сетях электроснабжения [Текст]: Антонова Е.М., Нефедов С.Ф. – Интеллектуальная энергетика – 2022. Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции «Развитие энергетики Алтайского края и актуальные вопросы энергосбережения, повышения энергетической эффективности и внедрения новых технологий» (г. Барнаул, 22 сентября 2022 г.) – СС.: 291-293.
3. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / А.Э. Бобров, А.М. Дяков, В.Б. Зорин и др. – Электрон. дан. (2 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – Режим доступа: <https://portal.tpu.ru/SHARED/x/XOXLOVA/nayka/Tab2/пособие%20по%20ЭМПП.pdf> – Загл. с экрана.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СВЧ-ПОЛЕЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Баранов Богдан Максимович, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта»,
e-mail:bocha200002@mail.ru

Научный руководитель – Васильев Валерий Юрьевич, ассистент кафедры «Электрификация
производства и быта», e-mail:vasilievvalerij@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе рассмотрены особенности использования электромагнитного поля высокой частоты для очистки воды от вредных микроорганизмов. Рассмотрен механизм очистки воды с использованием электромагнитных полей сверхвысокой частоты. Проведено сравнение метода СВЧ-полей и хлорирования для очистки воды. Выделены преимущества и недостатки используемых способов очистки.

Ключевые слова: электромагнитное поле, СВЧ-поля, дезинфекция, фильтрация, очистка воды.

Вода – это самый важный ресурс, находящийся на нашей планете, так как она необходима для существования жизни на Земле. Однако не все ее источники могут быть пригодными для питья. Связано это с тем, что в воде могут содержаться различные микроорганизмы, негативно влияющие на здоровье человека. Поэтому использование такой воды может привести к серьезным заболеваниям. Следовательно, перед употреблением воды из неизвестного источника необходимо произвести ее дезинфицирование.

Известно [1], что в современном мире самым распространённым методом дезинфекции воды является хлорирование. Метод получил свое распространение за счет своих химических и промышленных свойств. Хлорирование позволяет в достаточно быстрые сроки произвести дезинфекцию огромного количества воды.

В зависимости от количества, используемого в смеси для дезинфекции хлора хлорирование делят на 3 типа: нормальное, перхлорирование и комбинированное [2]. В отличие от нормального метода, использование остальных двух сопровождается обязательным дихлорированием. Благодаря хлорированию вода становится гораздо чище и безопасней с точки зрения микрофлоры. В то же время такая она имеет примеси хлора, наличие которых негативно влияет на живые организмы. После дезинфекции вода имеет специфический привкус и запах из-за содержания данных примесей [2]. При употреблении такой воды в первую очередь под удар попадает горло и желудочный тракт, что может сделать хлорирование опасным для здоровья. Безопасным для организма вариантом очистки воды может стать использование электромагнитных полей сверхвысокой частоты.

Как известно [3], воздействие электромагнитных полей на воду приводит к ее нагреву. Следовательно, клетки живых организмов и бактерий, состоящие из воды, тоже нагреваются, что негативно влияет на их состояние. Кроме того, в электромагнитные поля сверхвысокой частоты пагубно влияет на живые организмы [4-5]. Следовательно, СВЧ-поля могут участвовать в дезинфекции воды.

После воздействия СВЧ-полей живых микроорганизмов в воде не остаётся, но остаются отходы, которые могут стать причиной возникновения в воде болезнетворных бактерий. Эти отходы можно очистить при помощи фильтров, способных очищать жидкость на клеточном уровне.

Результаты опытов [5] показывают (рисунок 1), что очистка воды при помощи СВЧ-полей имеет такую же эффективность, как и хлорирование. В то же время вода, прошедшая электромагнитную очистку в отличие от воды, подвергшейся очистке хлором, не имеет вредных примесей или каких-либо других вредных химических веществ. Кроме того, такая вода соответствует нормам СанПиН и ГОСТ и ее употребление не несет негативных последствий организму.

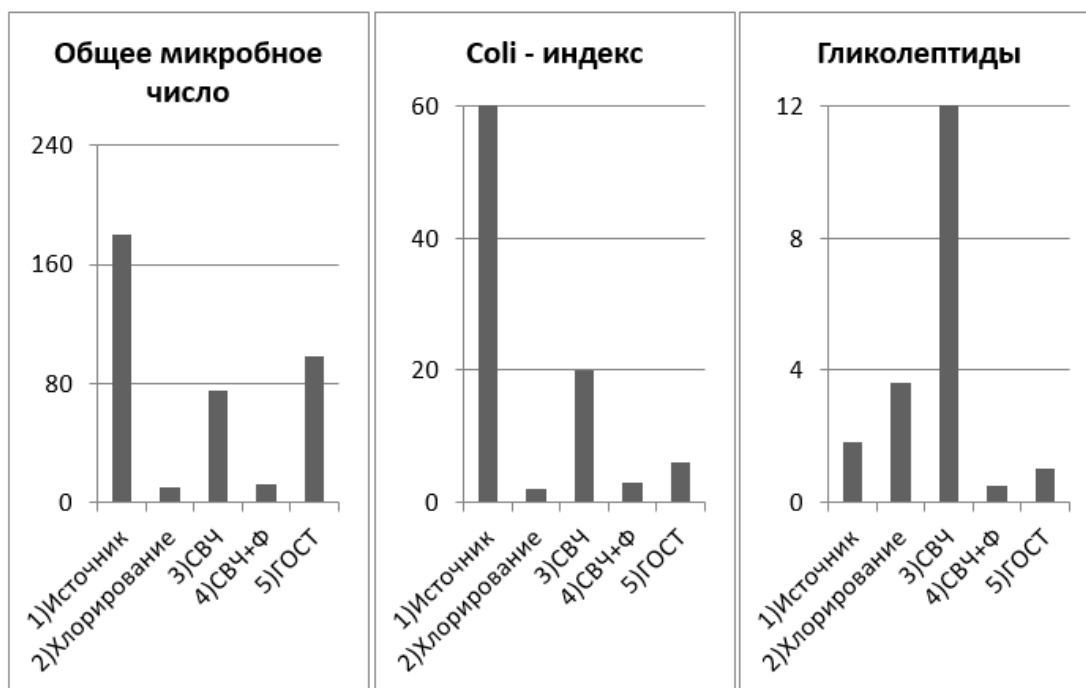


Рисунок 1 – Анализ показателей эффективности очистки воды [5]

Таким образом, обеззараживание воды при помощи СВЧ-полей может стать перспективным способом обеззараживания воды. В будущем этот метод, возможно, стоит рассматривать как один из наиболее эффективных методов для очистки воды для предприятий и быта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. «Механизация и электрификация сельского хозяйства, техника в сельском хозяйстве» / Л.А. Баранов, В.А. Захаров. Светотехника и электротехнология – М. – Колос – 2008.
2. Обеззараживание воды [Электронный ресурс] // ЗооФакультет. URL: <https://activestudy-info.turbopages.org/turbo/activestudy.info/s/obezzarazhivanie-vody-xlorirovanie-vody>. (Дата обращения: 07.04.2023).
3. СВЧ-технологии обеззараживания питьевой воды [Электронный ресурс] // Studref – Студенчески реферативные статьи и материалы. URL: https://studref.com/350338/tehnika/tehnologiya_obezzarazhivaniya_pitevoy_vody. (Дата обращения 07.04.2023).
4. Соловской А.С. Влиянии SAR мобильных телефонов на человека в зависимости от модели / А. С. Соловской, В. Ю. Васильев // Бутаковские чтения: Материалы I Всероссийской с международным участием молодежной конференции, Томск, 15–16 декабря 2021 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2021. – С. 408-411. – EDNAJXUTQ.
5. Соловской А.С. Визуализация степени нагрева биологических тканей в условиях воздействия микроволнового электромагнитного излучения / А.С. Соловской // Экологические проблемы региона и пути их разрешения: Материалы XVI Международной научно-практической конференции, Омск, 12–13 мая 2022 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2022. – С. 120-124. – EDNBDZSPJ.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Баранов Илья Александрович, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail: deazd17@gmail.com

Научный руководитель – Соловской Александр Сергеевич, ассистент кафедры ЭПБ, e-mail: solovskoyas@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрены варианты обследования линий электропередач наземным способом, а также при помощи беспилотного летательного аппарата. Предложена модернизация беспилотного летательного аппарата с использованием определенного программно-аппаратного комплекса. Представлено экономическое сравнение и выявлен самый выгодный вариант из вышеперечисленных.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, мониторинг, линия электропередачи, энергетический объект.

Для повышения надежности снабжения электроэнергией, а также для снижения аварийных ситуаций на линиях электропередач (ЛЭП), необходимо своевременно реагировать на изменение в работе системы и оперативно определять место повреждения. Мониторинг ЛЭП – трудоемкий процесс, требующий большого количества времени на поиск места повреждения, осмотр, диагностирование и как минимум трех специалистов, что не является самым оптимальным вариантом. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) используются во многих отраслях таких, как геодезия, нефтегазовая отрасль, а также энергетическая. Беспилотный мониторинг во много раз ускоряет и удешевляет ремонтно-восстановительные работы по сравнению с наземными методами, особенно в труднодоступных незаселенных районах [1].

Видов БПЛА огромное множество и области их применения так или иначе связаны обследованием и инспектированием объектов. применяются они в таких сферах детальности, как нефтедобывающей отрасли, в спасательных операциях, в военном деле геодезии, картографии. Для каждой из этих отраслей свой вид БПЛА для той или иной задачи. Самыми распространёнными видами БПЛА являются: беспилотные автоматические, беспилотные неуправляемые, беспилотные дистанционно-пилотируемые летательные аппараты (ДПЛА). БПЛА состоит из таких компонентов, как АКБ, камера, лопасти, двигатель, регулятор оборотов, радиоприемник, видео приемник, парашют. БПЛА облегчают жизнь и работу людям т.к. их здоровью ничего не грозит пока БПЛА летает и собирает необходимую информацию или транспортирует, необходимые ресурсы, человек находится в безопасном месте. Конечно же БПЛА заменить человека полностью не могут и без него работать попросту не смогут.

Компания «Связь спецзащита» предоставила сравнительный анализ двух методов мониторинга – наземный и с помощью БПЛА, представленный в таблице 1. Предлагается оптимизировать работу БПЛА, установив на него модуль контроллер, который обеспечит автономный полет аппарата. Однако результат заметнее, когда таких беспилотников эксплуатируется несколько. Нужны обученные специалисты и есть риск человеческого фактора, так как человек не в состоянии анализировать такие параметры как поток ветра, интенсивность дождя и другие погодные условия, в отличие от БПЛА. Он делает это самостоятельно при помощи гироскопа, и других вспомогательных устройств [2].

Анализ таблицы 1 показывает, что при съемке 1 тыс. км ЛЭП с помощью БПЛА затраты снижаются на 193 тыс. руб. и снижается время обследования на 1 тыс. км на 5 дней, но в сравнение с бас Геоскан 201а эти показатели увеличиваются почти в 2 раза, а именно стоимость обследования дешевле в 296 тыс. руб., а время прохождения одной тысячи километров снижается с 11 дней у Геоскан 201 до 5 дней у Геоскан 201а. Предлагается оптимизировать этот процесс еще сильнее, установив модуль для автопилота в беспилотный летательный аппарат, сократив число сотрудников вдвое. Для этого понадобится установка в них модуля автопилота, который будет стоить 60 тыс. рублей, а также настройка маршрута 20 тыс. руб-

лей. Сам модуль стоит 6 тыс. рублей. Предлагаемый способ так же вносит корректировки в работу БПЛА, так как с помощью внедрения модуля можно будет увидеть заранее проблемные места и не доводить до аварийных ситуаций, так как БПЛА может летать самостоятельно и делать это намного быстрее. При предложенном варианте БПЛА может быть два и более, что значительно ускорит проверку и осмотр ЛЭП при тех же затратах рабочей силы. Из сравнения видно, что затраты упали вдвое и при этом один человек может следить за несколькими БПЛА и отслеживать их данные. Беспилотные летательные аппараты смогут сообщать о повреждениях или о слабых частях ЛЭП, куда стоит уделить время, дать сигнал выездной группе о месте поломки или же о месте, где в скором времени, может быть, повреждение. Так же подразумевается в данном методе нивелировать человеческий фактор, который может ухудшать качество работы БПЛА.

Таблица 1 – Сравнение затрат на 1 тысячу километров

Наименование параметров	Наземные методы	БАС Геоскан 201	БАС Геоскан 201А
Количество исполнителей в группе	3	2	1
заработная плата в руб. сотрудника в месяц	30000	45000	60000
группы в день	3913	3913	2721
количество рабочих часов в день	8	5	5
км/ч			
км/день	2	85	170
заработная плата сотрудника 1км ЛЭП, руб.	16	191	95,5
заработная плата сотрудника на обследование 1км ЛЭП	245	20	5
Стоимость бас, руб.			
Стоимость эксплуатации бас, руб.		1500000	3172000
500 взлетов/посадок в течении дня		4000	8000
при обследовании 1км ЛЭП, руб.		21	47
общая стоимость обследования 1км ЛЭП, руб.	245	41	52
время обследования 1км ЛЭП, руб.	63	5	2,5
стоимость обследования 1 тыс. км ЛЭП, руб.	569112,9	375763,74	272659,79

Таким образом, следует, что для оптимизации расходов при проведении обследования ЛЭП наиболее выгодным вариантом является использование «БАС Геоскан 201А», благодаря его наименьшей стоимости прохождения одной тысячи километров и сроком окупаемости, по сравнению с другими методами. Таким образом, при правильном выборе метода можно значительно сократить затраты и повысить эффективность проведения работ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Трубицына Е.Н. Использование беспилотных летательных аппаратов в электросетевом комплексе для мониторинга ЛЭП / Е.Н. Трубицына // Научные горизонты. – 2018. – № 12(16). – С. 217-223.
2. Кротенок А.Ю. Фотограмметрическая обработка изображений на основе беспилотных летательных аппаратов и наземного лазерного сканирования при проектировании открытых горных работ / А.Ю. Кротенок, Д.Н. Шурыгин, Т.В. Литовченко, Ю.А. Семенова, В.Р. Харитоновна // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 12. – С. 50-55.

ОБРАБОТКА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Буравцов Данил Владимирович, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта»,
e-mail:liliavaskul@gmail.com; Васильченко Максим Алексеевич, бакалавр кафедры
«Электрификация производства и быта», e-mail:liliavaskul@gmail.com
Научный руководитель - Куликова Лидия Васильевна, д.т.н., профессор,
e-mail:liliavaskul@gmail.com
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

Электротехнологическая обработка растительных материалов позволяет значительно повысить качество обработки, использование вращающегося электрического поля с возможностью регулировать частоту в установках дает возможность не только повысить качество обработки, но и снизить затраты и автоматизировать этот процесс.

Ключевые слова: электротехнологические методы обработки, обработка растительных материалов, вращающееся электрическое поле, частотное регулирование.

Электротехнологические методы обработки различных материалов, как животного, так и растительного происхождения в сельскохозяйственном производстве и в перерабатывающей промышленности дают возможность получать конечный продукт высокого качества с заранее заданными свойствами [1].

Для получения вращающегося электрического поля используется принцип смещения трехфазной системы электродов на 120° в пространстве и подача трехфазного напряжения с учетом временного сдвига на 120° .

Вращающееся электрическое поле реализуется с помощью электрической схемы, представленной на рисунке 1.

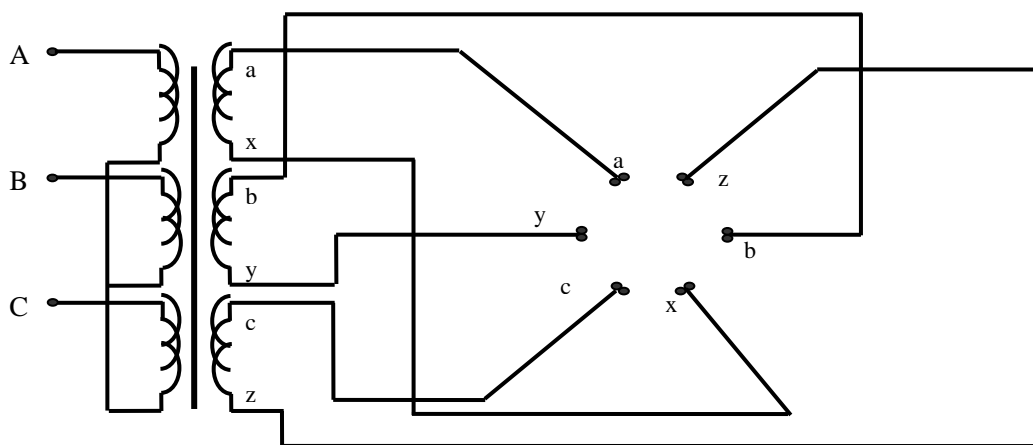


Рисунок 1 – Электрическая схема рабочего органа

На фазы A, B, C подается напряжение, сдвинутое во времени на 120° , а в пространстве система электродов сдвинута также на 120° , что и позволяет реализовать воздействие вращающегося электрического поля на обрабатываемый материал [2].

Напряженность электрического поля направлена от электродов соответственно:

- от электрода *a* к расщепленной фазе *x*;
- от электрода *b* к расщепленной фазе *y*;
- от электрода *c* к расщепленной фазе *z*.

Изменение напряженности электрического поля во времени описывается следующими выражениями:

$$\begin{aligned}E_{ax}(\omega t) &= E_m \sin(\omega t), \\ E_{by}(\omega t) &= E_m \sin(\omega t - 120^\circ), \\ E_{cz}(\omega t) &= E_m \sin(\omega t + 120^\circ).\end{aligned}$$

Использование кругового вращающегося электрического поля обусловлено анизотропностью отдельных составляющих обрабатываемого материала, т.е. различной проводимостью вдоль и поперек направления обработки. Во вращающемся поле все частицы обрабатываемого материала находятся в одинаковых условиях, но вращающееся электрическое поле позволяет производить обработку, как в продольном, так и в поперечном направлении каждого элемента, что и позволяет значительно повысить качество обработки.

Электротехнологическая обработка растительных материалов во вращающемся электрическом поле позволяет целлюлозоразрушающим бактериям желудочно-кишечного тракта животного проникать через разрушенную прочную внешнюю оболочку клетки, и питательные вещества, находящиеся внутри клетки начинают усваиваться в процессе пищеварения. Разрушение оболочки повышает усвояемость и переваримость растительных материалов, т.е. повышает кормовую ценность [3].

Разрушение оболочек (процесс деструкции) растительных клеток возможно лишь при выполнении определенных условий, которые реализуются технологическим процессом обработки: внутриклеточное увлажнение, уплотнение обрабатываемой массы, воздействие вращающегося электрического поля определенной частоты и интенсивности, а также необходимого времени обработки.

Механизм обработки характеризуется довольно сложными электрофизическими, электрохимическими и электрокапиллярными явлениями.

Комплексное разрушающее воздействие на обрабатываемый материал можно представить в следующей последовательности:

- возникновение теплового пробоя изоляции (внешняя оболочка растительной клетки между двумя жидкостными электродами);
- при пробое изоляции возникает электрогидравлический эффект – разрыв оболочек;
- в результате электролиза внутри клетки образуются газы с высоким давлением;
- проявление краевых электростатических и электродинамических эффектов на границе раздела сред с различными диэлектрическими свойствами.

Количественно оценить величину того или иного воздействия довольно сложно, т.к. каждая величина зависит от формы кривой тока, частоты, состава электролита, температуры, влажности, плотности и т.д. Физические процессы теплового пробоя изоляции и условия их протекания изучены достаточно глубоко.

Импульсное повышение давления внутри клеточной оболочки создается за счет возникновения микрогидравлического удара, что и приводит к разрушению клетки. Кроме того, в электродной камере наблюдается электролитическое разложение воды с выделением газов водорода и кислорода. При плотностях тока $10^{-3} \dots 10^{-2}$ А/см и длительности воздействия 30 с величина заряда, передаваемого через цепочку, $0,2 \cdot 10^{-9}$ А·ч, что соответствует $0,216 \cdot 10^{-9}$ г выделяемого водорода. При атмосферном давлении объем этой массы водорода составит $V = 4 \cdot 10^{-6}$ см³. Объем клетки $V_k = 2 \cdot 10^{-10}$ см³ на несколько порядков меньше объема выделенного водорода, следовательно, резко возрастает давление, что приводит к разрушению оболочки клетки.

При протекании электрического тока по жидкостным мостикам обрабатываемой массы интенсифицируются массообменные процессы на границе раздела сред «растительный материал-раствор» и происходит перераспределение межмолекулярных и сил, обусловленных воздействием электрического поля.

Условие разрушения оболочки растительной клетки под воздействием электрического поля [4]:

$$F_{эл} \geq F_{мол}$$

Таким образом, представленная технология обработки растительных материалов во вращающемся электрическом поле позволяет получать конечный продукт высокого качества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Куликова Л.В. Электротехнология: учебное пособие / Л.В. Куликова, А.А. Багаев - 2-ое изд., перераб. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2021.- 372 с. ISBN 978-5-4499-1174-2. https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=602402
2. Багаев А.А., Куликова Л.В. Вращающееся электрическое поле тока в проводящей среде. Межвузовский сборник научных трудов. Под общей редакцией О.К.Никольского, Н.И.Большовой. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1995. с. 187-194.
3. Куликова Л.В. Энергосберегающие технологии при подготовке кормов к скармливанию. Межвузовский сборник научных трудов. Наука, техника, образование. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1998. с. 203-209.
4. Куликова Л.В., Бараков А.Н. Использование электромагнитных полей для обработки растительных материалов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. № 5. – С. 29-30.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗВИТИЯ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

Васильев Валерий Юрьевич, аспирант кафедры ЭПБ, e-mail:vasilievvalerij@mail.ru

Научный руководитель – Титов Евгений Владимирович, д.т.н., доцент,

ведущий научный сотрудник, e-mail:888tev888@mail.ru

Алтайский государственных технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной работе приведен общепринятый метод определения ветроэнергетического потенциала местности. Предложено уравнение для расчета удельной мощности ветрового потока с учетом влияния барометрического давления, температуры и относительной влажности воздуха. Произведена оценка разницы расчетных значений удельной мощности ветрового потока и вырабатываемой ветроэнергетической установкой электроэнергии по рассматриваемым методам для г. Норильска Красноярского края.

Ключевые слова: ВЭУ, ветроэнергетика, ветроэнергетический потенциал, ветроэнергетический ресурс, удельная мощность ветрового потока.

Как известно [1], на сегодняшний день ветер получил большое распространение в качестве возобновляемого источника энергии. Для корректного использования его энергетического ресурса необходимо провести ряд действий, конечной целью которых является оценка ветроэнергетического потенциала района, в котором предполагается размещение ветроэнергетических установок (ВЭУ). При этом от точности расчетов зависит качество прогноза вырабатываемой ВЭУ электроэнергии, что в конечном итоге отражается на экономической эффективности генерации. Следовательно, применяемый метод определения ветроэнергетического потенциала должен отвечать требованиям к соответствию расчетных значений реальным показателям.

Согласно общепринятому методу удельная мощность ветрового потока определяется из уравнения [2]

$$N_{\partial} = \frac{\rho \cdot v^3}{2}, \quad (1)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³;

v^3 – куб среднегодовой скорости ветра с учетом годовой функции ее распределения по градациям, (м/с)³.

В данном случае значение плотности воздуха $\rho = 1,226$ кг/м³, что соответствует нормальным условиям, но не учитывает влияния барометрического давления, температуры и относительной влажности воздуха. Решение данной проблемы предложено в [3], но предлагаемый автором метод усложняется необходимостью дополнительно определять справочные значения. Упростить расчет можно следующим образом

$$N_{on} = \frac{P_{бар} - 2,315 \cdot \varphi \cdot \exp\left(\frac{\alpha \cdot (T - 273,15)}{\beta + T + 273,15}\right)}{286,9 \cdot T} \cdot v^3, \quad (2)$$

где $P_{бар}$ – барометрическое давление, Па;

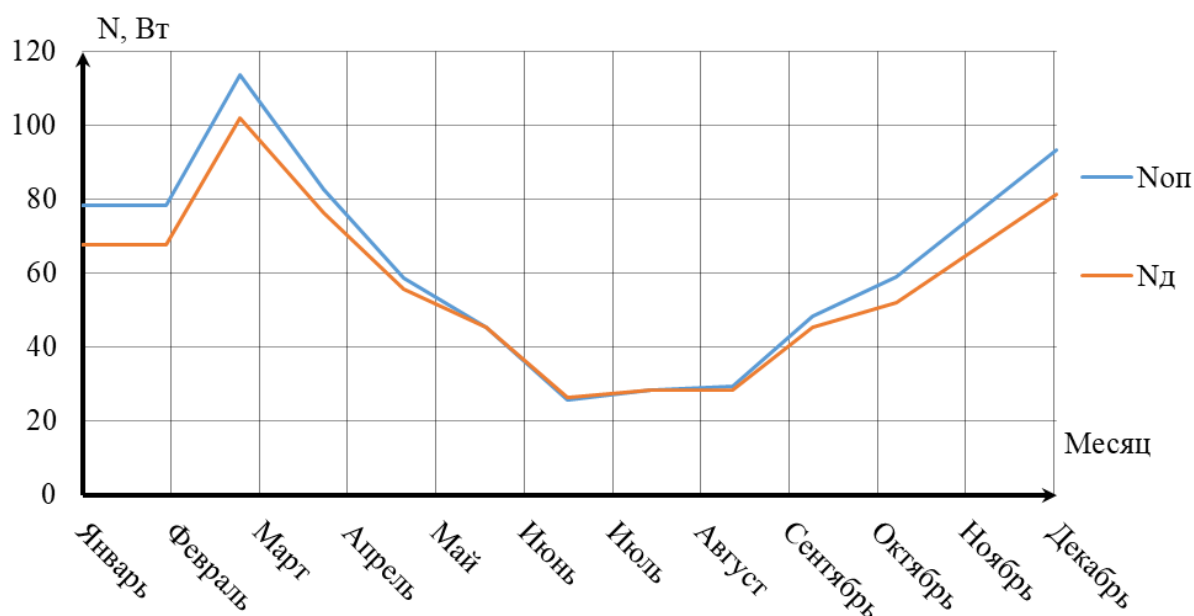
T – температура воздуха, К;

ϕ – относительная влажность воздуха, %.

Для оценки относительной разницы между значениями N_d и $N_{оп}$ произведем расчет на основе среднегодовых метеорологических данных для г. Норильск Красноярского края за последние 10 лет.

Таблица 1 – Результаты расчетов среднемесячной удельной мощности ветрового потока

Месяц	$N_{оп}, Вт$	$N_d, Вт$	$\Delta N, \%$	Месяц	$N_{оп}, Вт$	$N_d, Вт$	$\Delta N, \%$
1	2	3	4	1	2	3	4
Январь	78,3	67,8	-15,49	Июль	25,9	26,3	1,52
Февраль	78,3	67,8	-15,49	Август	28,6	28,6	0,00
Март	113,8	102	-11,57	Сентябрь	29,3	28,6	-2,45
Апрель	82,8	76,6	-8,09	Октябрь	48,6	45,4	-7,05
Май	58,7	55,9	-5,01	Ноябрь	59,1	52,2	-13,22
Июнь	45,6	45,4	-0,44	Декабрь	93,5	81,3	-15,01



$N_{оп}$ – удельная мощность ветрового потока, рассчитанная по предлагаемому методу;

N_d – удельная мощность ветрового потока, рассчитанная по общепризнанному методу

Рисунок 1 – График среднемесячной удельной мощности ветрового потока

Как видно из результатов расчета в течение года разница между значениями $N_{оп}$ и N_d достигает 15,49 %. Для оценки разницы значений расчетов вырабатываемой ВЭУ электроэнергии, полученных с помощью описанных методов, воспользуемся следующим уравнением [2]

$$N_{ВЭУi} = N_{yoi} \cdot S \cdot \xi \cdot \eta, \quad (3)$$

где $N_{ВЭУi}$ – мощность вырабатываемой ВЭУ электроэнергии, рассчитанная по i -ой методу, Вт;

N_{yoi} – удельная мощность ветрового потока, рассчитанная по i -ой методу, Вт;

$S = 100 \text{ м}^2$ – ометаемая ветроколесом площадь, м^2 ;

$\xi = 0,42$ – КИЭВ (коэффициент использования энергии ветра);

$\eta = 0,8$ – КПД ВЭУ.

Результаты расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета вырабатываемой ВЭУ электроэнергии

Месяц	N _{оп} , Вт	N _д , Вт	ΔN, Вт	Месяц	N _{оп} , Вт	N _д , Вт	ΔN, В
1	2	3	4	1	2	3	4
Январь	2631	2278	353	Июль	870	884	-14
Февраль	2631	2278	353	Август	961	961	0
Март	3824	3427	397	Сентябрь	984	961	23
Апрель	2782	2574	208	Октябрь	1633	1525	108
Май	1972	1878	94	Ноябрь	1986	1754	232
Июнь	1532	1525	7	Декабрь	3142	2732	410

По результатам таблицы 2 среднегодовая выработка электроэнергии равна $N_{ВЭУоп} \approx 2,1$ кВт, $N_{ВЭУд} \approx 1,9$ кВт. При этом количество выработанной электроэнергии в течение года будет равно

$$N_{годi} = N_{ВЭУi} \cdot 8760, \quad (4)$$

где $N_{годi}$ – количество электроэнергии, выработанной в течение года.

Тогда $N_{годоп} = 18,2$ МВт, $N_{годд} = 16,6$ МВт.

Разница между расчетными значениями вырабатываемой ВЭУ электроэнергии в течение года составляет 1,6 МВт. При этом относительная разница между результатами расчетов составляет более 9,5%.

Таким образом, на основе произведенных расчетов можно сделать вывод о том, что учет влияния барометрического давления, температуры и относительной влажности воздуха может позволить производить более точный расчет удельной мощности ветрового потока, а, следовательно, и оценку ветроэнергетического потенциала местности. Для подтверждения данной гипотезы необходимо проведение экспериментальных исследований в данном направлении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев В.Ю. Проблемы использования ветряных электростанций в России / В. Ю. Васильев // Мавлютовские чтения: Материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. В 6-ти томах, Уфа, 25–27 октября 2022 года. Том 3. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2022. – С. 321-323. – EDNKITLSR.
2. Юдаев И.В. Возобновляемые источники энергии: учебник для вузов / И. В. Юдаев, Ю. В. Даус, В. В. Гамага. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 328 с. - ISBN 978-5-8114-9502-3.
3. Васильев В.Ю. Влияние климатических условий на работу ветряных установок / В. Ю. Васильев // Материалы XXII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, с международным участием в г. Нерюнгри, посвященной 30-летию юбилею Технического института (филиала) СВФУ им. М.К. Аммосова: Материалы конференции, Нерюнгри, 28–29 октября 2022 года / Редколлегия: А.В. Рукович, Н.Н. Гриб, П.Ю. Кузнецов [и др.]. – Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2022. – С. 30-32. – DOI 10.52994/9785751333737_007. – EDNPMJKIU.

ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛЫХ ГЭС В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Герасимов Егор Владимирович, студент кафедры ЭПБ, e-mail: Egorgerasimov989@gmail.com

Овдин Александр Сергеевич, студент кафедры ЭПБ, e-mail: ovdin1994@mail.ru

Научный руководитель - Васильев Валерий Юрьевич, ассистент кафедры ЭПБ,
e-mail: vasilievvalerij@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе приведены основные проблемы электроэнергетики Алтайского края. Предложен вариант решения проблемы дефицита электроэнергии в регионе. Рассмотрены попытки внедрения МГЭС в Алтайском

крае и выделены причины заморозки проектов.

Ключевые слова: строительство МГЭС, энергобезопасность, энергоэффективность, развитие энергетики, ВИЭ.

Как известно, Алтайский край является энергодефицитным регионом, что свидетельствует о недостатке генерирующих мощностей на территории региона [1].

Решением данной проблемы может стать распределенная генерация. Согласно [2-3] одним из наиболее распространенных возобновляемых источников энергии на территории Алтайского края является малая гидроэнергетика, теоретический потенциал которой составляет около 42 млрд. (кВт·ч)/год. Такого потенциала было бы достаточно для создания местных генерирующих мощностей с целью повышения качества электроснабжения территорий, находящихся на большом расстоянии от мест генерации электроэнергии и обеспечения энергонезависимости региона.

Вопрос использования малых гидроэлектростанций (МГЭС) в Алтайском крае уже рассматривался ранее. Так, в период с 2013 по 2017 гг. планировалось строительство и запуск эксплуатации четырех МГЭС: Солонешенской, Гилевской, Чарышской, Красногородской и Сибирячихинской [3]. Их совокупная мощность генерации электроэнергии должна была составить примерно 23,6 МВт. Однако проекты строительства МГЭС были заморожены по нескольким причинам. К основным из них относятся проблемы с инвестированием и проблемы взаимодействия с местными жителями [4].

Таблица 1 – Характеристики планируемых для строительства МГЭС

Наименование МГЭС	Установленная мощность, МВт	Годовой объем производства электроэнергии, млн. кВт·ч	Планируемая дата ввода в эксплуатацию
Солонешенская	1,2	4,8	2013
Гилевская	2,4	12400	2014
Чарышская	15	96600	2016
Красногородская	8	36800	2016
Сибирячихинская	5	23400	2017

Таким образом, генерация на базе малой гидроэнергетики может стать одним из вариантов решения проблемы дефицита электроэнергии в Алтайском крае и обеспечения качественного электроснабжения удаленных потребителей. Однако при этом необходимо учесть опыт предшествующих проектов, направленных на внедрение МГЭС на территории региона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Указ Губернатора Алтайского края от 26 апреля 2021 года № 64 «Об утверждении схемы и программы «Развитие электроэнергетики Алтайского края» на 2022-2026 года» // СПС КонсультантПлюс.

2. Васильев В.Ю. Нормативно-правовые предпосылки развития ветроэнергетики в Алтайском крае / В.Ю. Васильев // Интеллектуальная энергетика - 2022: Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции, Барнаул, 22 сентября 2022 года / Ред.-сост. С.О. Хомутов, С.А. Родт, В.И. Сташко. – Барнаул: Межрегиональный центр электронных образовательных ресурсов, 2022. – С. 294-295. – EDNQJMZCO.

3. Федянин В.Я. Основные направления развития малой гидроэнергетики Алтайского края / В.Я. Федянин, Д.В. Бородин // Ползуновский вестник. – 2012. – № 4. – С. 178-181. – EDNRYQBIZ.

4. Проекты строительства малых ГЭС на Алтае приостановлены? // Ассоциация «СРО «ЛИГА ИЗОБРАТЕЛЕЙ». URL: <https://www.li-sro.ru/news/13614>

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИННОВАЦИЙ В СФЕРЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Голубцов Савелий Сергеевич, студент кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: golubczov_04@mail.ru

Научный руководитель – Соловской Александр Сергеевич, ассистент кафедры ЭПБ, e-mail: solovskoyas@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассматривается возможность использования альтернативных источников энергии. Представлены особенности, принцип действия геотермальной и осмотической электростанций. Приведены численные характеристики запасов ресурсов альтернативных источников энергии. Оценивается возможность применения альтернативных источников энергии в России, их эффективность и влияние на окружающую среду.

Ключевые слова: биогаз, геотермальная электростанция, осмотическая электростанция, возобновляемая энергетика.

В виду истощаемости ископаемого топлива с каждым годом все больше растет потребность в альтернативных источниках энергии, которые могли бы не только обеспечить человека энергией, но и оставлять как можно меньший углеродный след. Традиционно за альтернативу углю, нефти или природному газу принято считать энергию солнца, ветра или воды, например рек или приливов-отливов [1]. Однако, следует понимать, что существуют иные источники возобновляемой энергии. Кроме упомянутых источников энергии можно выделить биогаз, геотермальную энергию, энергию осмоса [2-4].

Биогаз – продукт брожения органических отходов в процессе метаболизма метаногенных бактерий. Имеет высокий коэффициент полезного действия при трансформации в тепловую энергию (70% - 90%), но относительно низкий при трансформации в электрическую (25% - 30%). При сжигании 1 м³ биогаза в газогенераторе вырабатывается 1,6 – 2,3 кВт энергии [1].

Сырьем для получения биогаза может выступать навоз, помет, твердые бытовые отходы, специальные культуры, например силосная кукуруза. Однако, выращивание сырья для получения биогаза может повлечь большие затраты ресурсов, что сделает биогаз невыгодным в производстве. Аграрная промышленность России ежегодно создает около 225 миллионов тонн биомассы, пригодной для выработки биогаза [3]. Немаловажным является тот факт, что ферментированное сырье (например, навоз или помет) может выступать в роли очень эффективного удобрения, так как при анаэробном разложении в нем сохраняются азот и фосфор. Это делает производство биогаза еще более выгодным.

Геотермальная энергетика основана на использовании внутреннего тепла Земли. Это может быть горячий сухой пар, горячая вода, поднимающаяся из земных недр, или непосредственно тепло более низких слоев земной коры, относительно поверхности (рисунок 1). Несмотря на кажущуюся простоту, данный вид возобновляемой энергии имеет некоторые недостатки. Пар, поднимающийся из-под земли, может содержать опасные сероводород и радон, этот же пар должен быть сконденсирован, что требует охлаждающей воды, сброс которой вместе с охлаждаемой водой может приводить к тепловому загрязнению окружающей среды. Сама вода может содержать около 20% соли, что делает сброс такой воды в пресноводные водоемы невозможным. Это потребует перекачки воды в океан или обратно в землю, что может потребовать дополнительных затрат. Также подобные электростанции малотранспортабельны и могут находиться в очень отдаленных и сейсмоопасных районах, что растягивает энергетическую инфраструктуру и отдаляет их от потребителя.

Геотермальные ресурсы в мире сосредоточены в районе Тихого океана, что делает их доступными к использованию в России только в районе полуострова Камчатки и Курильских островов. Эти ресурсы оцениваются в 400 – 100 млн. тонн условного топлива. На данный момент в России существует 4 работающих геотермальных электростанции, общей мощностью около 70 – 80 МВт [3].

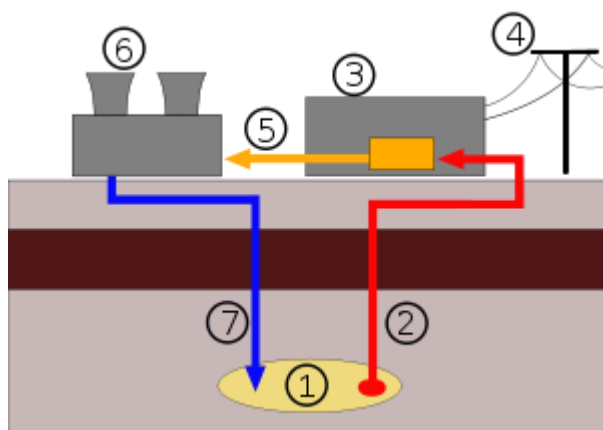


Рисунок 1 – Схема геотермальной электростанции
 (1 – полости с горячей водой; 2 – горячая вода (пар); 3 – электростанция (турбогенератор);
 4 – электросеть; 5 – остаточная вода; 6 – пункт теплоснабжения с градирней;
 7 – возврат холодной воды)

Очень узким направлением возобновляемой энергетики являются осмотические электростанции, чей принцип работы основан на осмосе – движении молекул растворов разной концентрации, разделенных мембраной, проводящей растворенное вещество только в одну сторону. Таким раствором может являться вода: соленая морская и пресная речная. Растворенным веществом в таком случае является морская соль. Пресная вода движется через мембрану в резервуар с соленой водой и создает избыточное давление, которое приводит в движение турбину электростанции [4].

На данный момент единственная в мире подобная электростанция находится в Норвегии и имеет мощность около 2 – 4 кВт. Такая низкая мощность обусловлена используемой мембраной, эффективность съема мощности которой не превышает 1 Вт/м², но ведутся работы по созданию мембран с эффективностью 2,4 Вт/м². Несмотря на это рентабельными станции станут только при 5Вт/м² [4].

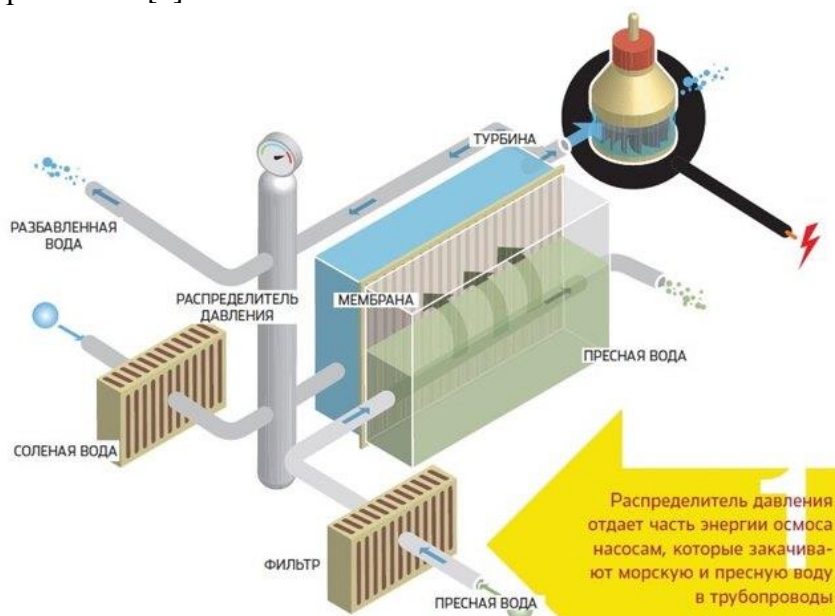


Рисунок 2 – Схема осмотической электростанции

Подобные электростанции имеют неоспоримое преимущество, заключающееся в полном отсутствии парниковых выбросов в атмосферу. Также они независимы от времен года, погоды и имеют по настоящему большой запас ресурсов. Тем не менее, недостатки, существующие на данный момент, гораздо серьезнее преимуществ. Это и уже упомянутая низкая эффективность, для повышения которой требуются крупные инвестиции, и необходимость

строительства станций в устьях пресноводных рек, впадающих в соленые моря или океаны, что ограничивает их распространенность.

Несмотря на перечисленные достоинства, вышеперечисленные источники энергии требуют больших капиталовложений на начальном этапе производства электроэнергии, что может сделать их непривлекательными для большинства энергетических предприятий. Однако, быстрая окупаемость некоторых и возможность получения большой прибыли через длительный период времени должны привлечь производства, не гонящиеся за сиюминутной выгодой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев В.Ю. Нормативно-правовые предпосылки развития ветроэнергетики в Алтайском крае // Интеллектуальная энергетика - 2022: Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции, Барнаул, 22 сентября 2022 года / Ред.-сост. С.О. Хомутов, С.А. Родт, В.И. Сташко. Барнаул: Межрегиональный центр электронных образовательных ресурсов. 2022. С. 294-295.

2. Фиापшев А.Г., Темукуев Т.Б., Кильчукова О.Х., Хамоков М.М. Энергетическое обоснование использования биогаза // Известия Горского государственного аграрного университета. 2014. Т. 51, № 4. С. 207-211.

3. Гордеев А.С., Огородников Д.Д., Юдаев И.В. Энергосбережение в сельском хозяйстве: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Агроинженерия». Санкт-Петербург: Издательство «Лань». 2021. 400 с. ISBN 978-5-8114-1507-6.

4. Бирюков В.В. Основы преобразования энергии в электротехнических системах: электронный учебно-методический комплекс. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет. 2015. 351 с.

ЭНЕРГИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА КАК ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Григорьев Данил Григорьевич, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail: danil.grigoryev49@gmail.com; Снегирева Юлия Алексеевна, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail: danil.grigoryev49@gmail.com
Научный руководитель – Васильев Валерий Юрьевич, ассистент кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail: Vasilievvalerij@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье показан один из современных способов выработки электроэнергии, температурного градиента, принцип работы, достоинства и недостатки, способ применения данной технологии на территории Российской Федерации. Проведено сравнение энергии температурного градиента с наиболее распространенными альтернативными источниками энергии.

Ключевые слова: ВИЭ, градиент температур, возобновляемая энергетика, гидроэнергетика.

Ископаемые энергоресурсы ограничены, а продукты их горения негативно влияют на окружающую среду. В связи с этим актуальным становится вопрос применения возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в частности использующих температурный градиент.

Градиент-температурная энергетика рассматривает в качестве энергоресурса разницу температур между водами Мирового океана на разной глубине. Как известно, на различных глубинах Мирового океана температура воды сильно отличается. Это связано с тем, что солнечное излучение нагревает лишь верхние слои воды. Средняя температура воды океана в верхних слоях достигает 25-28 °С, но с увеличением глубины температура снижается. Так, например, на глубине 500 м. температура снижается до 12 °С, а на глубине 3000-4000 м. ее величина составляет 2-3 °С.

Согласно [1] каждый кубический метр воды содержит около 15 Мкал или 60 МДж энергии. При высвобождении такого количества энергии за одну секунду её генерируемая мощность составит 60 МВт. Следовательно, при извлечении энергии из 20 кубометров воды можно получить 1,2 ГВт энергии, что сравнимо с генерацией электроэнергии на современных атомных электростанциях. Таким образом, Мировой океан, покрывающий более 70% земной поверхности является самым крупным природным коллектором в мире, накапливающим энергию. В течение суток в воды океана поступает количество солнечной энергии эквивалентное 250 миллиардов баррелей нефти. Теоретический предел запасов мощности температурного градиента достигает значения 40 тысяч ТВт.

В виду особенностей источника энергии, основной задачей гидротермальных станций является обеспечение островных и прибрежных регионов электроэнергией. Их внедрение позволит производить электрификацию территорий, для электроснабжения которых используются транспортируемые традиционные энергоносители.

Согласно [5], энергия температурного градиента может стать одним из основных источников энергии и составлять до 45% от всей электрогенерации страны. К преимуществам гидротермальных электростанций относятся малый вред для окружающей среды и возобновляемость источника энергии. Их недостатком является ограниченность в использовании, связанная с требованием к расположению электростанции. Сравнение гидротермальной энергетики с наиболее распространенными видами альтернативных источников энергии приведено в таблице 1.

Таким образом, энергия температурного градиента может стать наиболее используемым альтернативным источником энергии. Развитие данной технологии может обеспечить электроэнергией изолированные территории, тем самым заменив традиционные источники энергии и уменьшив расходы на генерацию электроэнергии за счет снижения затрат на использование ископаемого топлива.

Таблица 1 – Сравнение альтернативных источников энергии

Критерий	Температурный градиент	Солнечная энергетика	Ветроэнергетика
Энергетический ресурс, кВт/м ²	300	1,4	1,7
Круглосуточная генерация	Возможна	Невозможна	Невозможна
Зависимость от погодных условий	Независимы	Зависимы	Зависимы

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фролов А.В. Новые источники энергии [Текст] / А.В. Фролов - 9-е изд.. - Тула: ТулГУ, 2017 - 219 с..
2. Глебов И.А., Домбровский В.В., Дукштау А.А. Гидрогенераторы [Текст] / И.А. Глебов, В.В. Домбровский, А.А. Дукштау. - Л.: Энергоиздат, 2009 - 368 с.
3. Домбровский В.В., Дукштау А.А., Пинский Г.Б. Гидрогенераторы [Текст] / В.В. Домбровский, А.А. Дукштау, Г.Б. Пинский.- Л.: Энергоиздат, 2009 - 289 с.
4. Бернштейн А.С. Термоэлектрические генераторы [Текст] / А.С. Бернштейн. - Москва: Госэнергоиздат, 2012 - 267 с.
5. Савинова В.А. Энергоснабжение научно-исследовательских комплексов в Арктике. Гидротермальная электростанция / В.А. Савинова, М.М. Бродач // Здания высоких технологий. – 2019. – № 1. – С. 66-73. – EDN HGPCPG.

АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЗАЩИТЫ ОТ ДУГОВОГО ПРОБОЯ

Григорьев Степан Евгеньевич, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта»,
e-mail:Grigoriev_Stepan@mail.ru; Мишин Данил Романович, бакалавр кафедры
«Электрификация производства и быта», e-mail:danilmishin144@mail.ru

Научный руководитель - Компанец Борис Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail:komrbs@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе рассмотрена проблема возникновения электрической дуги и ее последствия. Был проведен анализ мероприятий по обеспечению защиты от дугового пробоя. Рассмотрены преимущества применения устройства защиты от дугового пробоя

Ключевые слова: дуговой пробой, УЗДП, электрическая дуга, электрозащита, пожароопасность, пожаробезопасность.

Как известно [1], причиной возникновения дугового пробоя является сближение находящихся под напряжением проводников, в результате чего возникает искра. Как следствие, происходит резкий скачок тока. При этом зажигается электрическая дуга и ток начинает течь «по воздуху». Электрическая дуга обладает высокой температурой, что может стать причиной возникновения пожаров вследствие зажигания близлежащих горючих материалов. Впоследствии происходит обугливание изоляции, что в итоге приводит к негативным последствиям. При этом обугленная изоляция становится проводником, что повышает вероятность возникновения повторного зажигания дуги.

Для предотвращения возникновения дугового пробоя и повышения пожаробезопасности электропроводок применяется несколько методов. Среди них использование устройств защитного отключения (УЗО) и автоматических выключателей (АВ).

В основе принципа работы УЗО лежит фиксация дифференциальных токов и сравнении векторной суммы токов в замкнутой цепи. При возникновении разницы между значениями тока УЗО отключает цепь от питания.

Работа автоматических выключателей основана на защите кабелей от критических значений токов, что способствует защите кабельной линии от последствий токов короткого замыкания. В случае возникновения критических токов АВ размыкает силовые контакты [2].

Однако перечисленные аппараты имеют свои недостатки при решении проблемы дугового пробоя. При замыкании по контурам «фаза-земля» и «фаза-нейтраль» УЗО не обнаружит пробоя, а АВ может сработать слишком поздно, что может привести к возникновению пожаров и прочих негативных последствий.

Для решения данной проблемы было разработано устройство защиты от дугового пробоя (УЗДП), представляющее собой специализированное устройство, предназначенное для автоматического предупреждения и предотвращения пожара от искрения или дугового пробоя в электрических сетях и электроустановках, что является самой распространенной причиной «электрических» пожаров. УЗДП не самостоятельное устройство. Обычно оно требует отдельного автоматического выключателя. В случае возникновения дугового пробоя в защищаемом участке электросети, устройство отключает данный участок от питающей сети. В случае работы УЗО и АВ, которые работают некорректно при пробое, УЗДП при тех же условиях (искрение при плохом контакте, фаза-нейтраль, фаза-земля) отключает цепь.



Рисунок 1 - УЗДП от производителя SIEMENS [3]

Способ обнаружения дугового пробоя - анализ величины и формы тока, отдаваемого в нагрузку. Все производители модульных устройств защиты от дугового пробоя снимают сигнал с датчика тока, но обрабатывают данные по-разному, и не раскрывают подробностей.

Компания SIEMENS поделилась алгоритмом работы своего УЗДП заключается в постоянном отслеживании синусоиды тока и напряжения дуги с помощью микроконтроллера. Устройство осуществляет:

- идентификацию дуги;
- анализ помех;
- фильтрацию сигналов;
- вычисление тонких параметров электрических сигналов;
- отключение нагрузки.

У устройства защиты от дугового пробоя есть свой нюанс. При использовании некачественных устройств создаются помехи, что приводит к ложным срабатываниям. Для устранения помех в устройства устанавливаются специальные фильтры, которые ограничивают мощность помех. Сетевой фильтр является шапкой-невидимкой: всё, что происходит за ним, становится невидимым для УЗДП, в результате чего не происходят ложные срабатывания [3].

Таким образом, несмотря на имеющееся устройство защиты дугового пробоя полностью выполняет свои функции, для которых оно было разработано. Но у этого устройства остаются свои недочеты, которые решаются по сей день. УЗДП имеет хорошую перспективу в электроэнергетике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев В.Ю. Теоретическая оценка времени пережога провода током дугового короткого замыкания / В.Ю. Васильев // Наука и молодежь: материалы XVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Барнаул, 19-23 апреля 2021 года. Том 1, часть 2. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2021. – С. 313-315. – EDNLCUUCE.

2. Устройство и принцип работы автоматического выключателя. [Электронный ресурс] //Электрик инфо. URL: <http://elektrik.info/main/school/1440-ustroystvo-i-princip-raboty-avtomaticheskogo-vyklyuchatelya.html>

3. Что такое устройство защиты от дугового пробоя (УЗДП) и с чем его едят? [Электронный ресурс] // Хабр. URL: <https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/578834/>

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Дергунов Данил Юрьевич, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail: danil-d2508@mail.ru; Грачев Данил Николаевич, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail: grdan@mail.ru
Научный руководитель - Васильев Валерий Юрьевич, ассистент кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail: vasilievvalerij@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной работе рассмотрена проблема загрязнения воздуха. Приведен электрический способ очистки воздуха. Рассмотрен принцип работы электрических воздушных фильтров, используемых для очистки воздуха в больших сельскохозяйственных помещениях. Выделены преимущества и недостатки данного электротехнологического оборудования. Приведен анализ фракционной эффективности электрофильтров.

Ключевые слова: очистка воздуха, электрические фильтры, воздушный фильтр, электропроводящая пыль, взрывоопасность.

В последние десятилетия наблюдается большой скачок в усовершенствовании техники и технологий, что благоприятно влияет на уровень жизни населения. В то же время технологическое развитие некоторых областей науки и техники приводит к загрязнению окружающей среды, в том числе воздуха. Концентрация содержащихся в воздухе вредных частиц может достигать критических значений, что негативно сказывается не только на качестве продукции, различных технологических процессах, но и на здоровье человека [1]. Кроме того, токопроводящая пыль в воздухе может являться подходящей для существования и разрастания электрической дуги средой, что может стать причиной развития пожаро- и взрывоопасных ситуаций [2]. Поэтому проблема качественной очистки воздуха является актуальной на сегодняшний день.

В качестве перспективного варианта решения данной проблемы могут служить ионные электрические фильтры. Их принцип действия основан на очистке приточного воздуха от пыли. Пыль, собранная на фильтре, с помощью механизма встряхивания, собирается в бункерах, обычно с плоским днищем. Работа встряхивающего механизма основана на принципе падающего молотка. В производстве используют различное расположение молотков, они могут быть снизу или сверху пластин, однако большую производительность показывают фильтры, где каждый молоток воздействует на свой электрод. Пример схемы одного из таких фильтров приведен на рисунке 1.

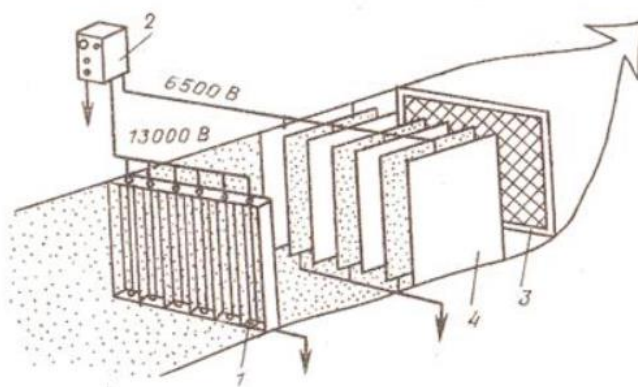


Рисунок 1 – Схема двухзонного однокаскадного электрического фильтра [3]
1 – зона ионизации; 2 – источник питания; 3 – противонульный пористый фильтр;
4 – осадительная зона.

К характеристикам, описывающим качество очистки воздуха воздушным фильтром, относится фракционная эффективность электрического фильтра. Согласно таблице 2 эффек-

тивность ионных электрофильтров при очистке воздуха от частиц размером от 0,5 мкм до 2 мкм варьируется в диапазоне от 89,9% до 96,6%, что доказывает их высокую эффективность.

Таблица 1 – Фракционная эффективность электрического фильтра [3]

Размер частиц, мкм	Число частиц в воздухе		Эффективность улавливания, %
	Перед фильтром	После фильтра	
0,5	4000	405	89,9
0,6	2505	107	95,7
0,7	1000	46	95,4
0,8	500	27	94,6
0,9	180	12	93,5
1	140	7	95
1,5	45	3	93,3
2	28	1	96,6

Преимуществами применения электрофильтров становится высокая эффективность очистки воздуха (до 90%), улавливание частиц размером до 0,5 мкм и менее. Кроме того, в [4] говорится о том, что ионные электрические фильтры способны работать под большим давлением и в агрессивных средах, что расширяет сферу их применения.

В то же время ионные электрические фильтры обладают рядом недостатков. Так, например, спектр предприятий, на которых могут быть использованы воздушные фильтры, сужается из-за отсутствия возможности применения электрофильтров в близости к взрывоопасным газам, а также в помещениях, где возможна утечка газа либо содержание в воздухе взрывоопасной пыли. Кроме того, значительные затраты электроэнергии (50-80 кВт) и высокая стоимость данной электроустановки могут негативно сказаться на экономической эффективности объектов АПК, на которых они применяются.

Таким образом, использование ионных электрических фильтров может стать перспективным вариантом решения проблемы очистки воздуха от загрязняющих его частиц. Но в то же время необходимо учитывать специфику его принципа работы для того, чтобы на использующих его предприятиях не возникали пожаро- и взрывоопасные ситуации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Штокман Е.А. Очистка воздуха: Учеб. пособие. – Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 312 с. - ISBN 978-5-93093-513-4.
2. Васильев В.Ю. Теоретическая оценка времени пережога провода током дугового короткого замыкания / В. Ю. Васильев // Наука и молодежь: материалы XVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Барнаул, 19-23 апреля 2021 года. Том 1, часть 2. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2021. – С. 313-315. – EDNLCUUCE.
3. Комарова Л.Ф., Кормина Л.А. Инженерные методы защиты окружающей среды. Техника защиты атмосферы и гидросферы от промышленных загрязнений: Учебное пособие. – Барнаул, 2000. – 391 с.
4. Фомичёв Д.Н. Применение ионных электрических фильтров для очистки воздуха на предприятиях сельского хозяйства [Электронный ресурс] // Международный студенческий научный вестник. – 2021. – № 2. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20521> (дата обращения: 04.04.2023).

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ «СЭС» В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Ивченко Александр Анатольевич, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail: ivchenko867@mail.ru

Научный руководитель - Куликова Лидия Васильевна, д.т.н., профессор,
e-mail: liliavaskul@gmail.com

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Использование солнечной электростанции является перспективной на рынке энергоэффективных технологий, обладающей большим потенциалом с учетом совершенствования технологий в электроэнергетике и электротехнике и перспективой для дальнейшего встраивания в инфраструктуру энергосистемы страны.

Ключевые слова: альтернативный источник энергии, солнечная энергетика, солнечная панель.

Явными важными значениями в энергетических возобновляемых ресурсах можно отнести неограниченный потенциал использования и экологическую чистоту процесса получения энергии из них. Особенно актуален, учитывая специфику краевой энергосистемы - острый энергодефицит около 45 % энергоресурсов закупается в других субъектах Российской Федерации, а также наличие населенного пункта в крае, отсутствующего централизованного энергоснабжения, свидетельствует о потенциале возобновляемого энергоресурса в Алтайском крае. Необходимость проведения исследований безопасного энергоресурса возникает из-за интенсивного развития немалого туризма в Алтайском крае и открытия большого количества туристических объектов в районах с отсутствием централизованного энергоснабжения [1].

Считающаяся наиболее «солнечная» территория Северного Кавказа и большинство Центрально-Восточной Сибири обладают суммарной приходящей солнечной радиацией от 4 до 4,5 кВт/ч м² суток. Большинство территорий России, от южной до северной границ, независимо от ширины, имеют одинаковые солнечные ресурсы от 3–5 кВт/ч м² ежедневно.

Инсоляция российских регионов

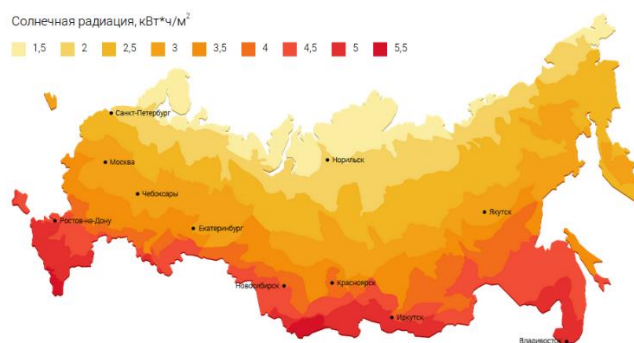


Рисунок 1 – Уровень инсоляции на территории Российской Федерации

Например, в регионе Европы, на юге Испании, где самый высокий уровень инсоляции, среднегодовая дневная солнечная радиация составляет около 4,7 кВтч м² в сутки, в Германии, которая является одним из лидеров внедрения и использования Солнца, составляет около 3,3 кВтч м² в сутки, в южной Германии, которая является одним из лидеров внедрения и использования Солнца. Продолжительность солнца является одним из важных факторов, свидетельствующих о высокой перспективе использования солнца в Алтайском крае. Термин «солнечное сияние» означает, что земная поверхность освещается прямым солнечным светом. По данному показателю, Алтайский край и, прежде всего, Барнаул - один из лидеров в нашей стране.

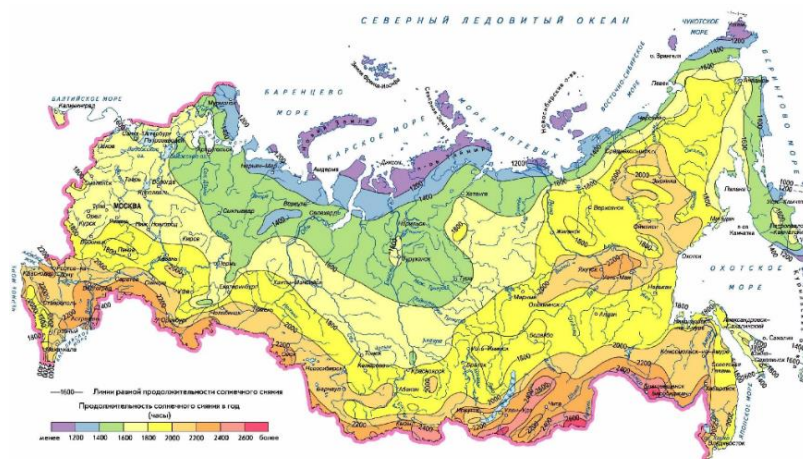


Рисунок 2 – Продолжительность солнечного сияния на территории РФ

Бесспорно, что Алтайский край характеризуется более суровым климатом зимой, чем страны-лидеры в использовании солнца. Однако данный факт не предполагает ограничений в использовании солнечных электростанций, поскольку рабочий диапазон на них составляет от 40С до + 65С. А наличие устойчивого снега зимой увеличивает энергетическую выработку в два раза, при сопоставимом уровне солнечного излучения. Срок службы модулей солнечной энергии также увеличивается за время эксплуатации зимнего периода, поскольку позволяет избежать излишнего перегрева солнечных батарей. При равных уровнях полученных солнечных радиаций устойчивый снег в зимний период увеличивает энергетическую выработку, отражая солнечные лучи в 2 раза. Изменение направления солнечной батареи дважды в год по горизонту позволит добиться максимальной выработки энергии. В бесснежный период солнечные батареи должны наклоняться под углом, равным северным широтам, на которых находится солнечная станция, и при появлении устойчивого снега солнечные батареи должны увеличить наклон до 66 С. Это мероприятие уменьшает вероятность попадания снега в панели при снегопадах и метелях [2].

Рассуждая о использовании возобновляемых источников энергии в Алтайском крае, мы можем выяснить, что на этой территории можно эффективно использовать солнечную энергию. С учетом того, что солнечная станция работает в постоянном напряжении 12-48 В и имеет возможность прямого соединения с сетевым инвертором. В зависимости от среднего показателя ежемесячной загрузки в Барнауле рассчитывается мощность одного солнечного модуля и общая годовая выработка электроэнергии СЭС.

Таблица 2 – Расчет годовой выработки электроэнергии СЭС

Месяц	N панелей, шт.	E, кВт·ч/м ²	W _м , кВт·ч	W _{об} , кВт·ч	W _{вых} , кВт·ч
Январь	50	30,8	8,1	396,9	166,7
Февраль	50	57,2	15,1	739,9	236,8
Март	50	110	29	1421	412,1
Апрель	50	140	36,9	1808,1	488,2
Май	50	182,8	48,2	2361,8	755,8
Июнь	50	197,2	52	2548	739
Июль	50	196,1	51,7	2553,3	766
Август	50	150,6	39,7	1945,3	505,8
Сентябрь	50	105,8	27,9	1367,1	355,5
Октябрь	50	54,7	14,4	705,6	183,5
Ноябрь	50	31,4	8,3	406,7	122
Декабрь	50	23,9	6,3	308,7	99
Итого:				16 562,3	4 830,4

Рисунок 3 представляет график годовой потребления электроэнергии солнечной станции, по которому, указано количество сгенерированных энергий ежемесячно.



Рисунок 3 – Годовая выработка электроэнергии СЭС

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Удалов Н. С. Возобновляемые источники энергии [Текст] / Н. С. Удалов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. – 412 с. – С. 305-306.
2. Иванов В.М. Состояние электроэнергетики России и проблемы электроснабжения потребителей в удаленных и децентрализованных районах / В.М. Иванов, Т.Ю. Иванова, С.Г. Иванова, С.Г. Пчелинцев, П.В. Рожков // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – Ставрополь, 2012. – С. 54-57.

АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП

Кандров Егор Игоревич, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail:kandrov02@mail.ru; Потапенко Александр Дмитриевич, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail:potapenko-2002@list.ru
 Научный руководитель - Васильев Валерий Юрьевич, ассистент кафедры ЭПБ, e-mail:vasilievvalerij@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной статье рассмотрены преимущества светодиодного оборудования. Расчётным путём проанализирована экономичность, светодиодных светильников по сравнению с люминесцентными лампами и лампами накаливания.

Ключевые слова: светодиод, освещение, светодиодное оборудование, энергоэффективность, светодиодные лампы.

Лампы накаливания долгое время повсеместно использовались для освещения жилых домов, предприятий и других сооружений. Но сейчас, с развитием технологий, их использование оказывается не только менее эффективным, но и крайне неэкономичным, что важно. Поэтому на замену им пришли светодиодные и люминесцентные лампы.

В быту светодиодные лампы используются чуть более десяти лет, но в электротехнике о них начали говорить ещё в семидесятых годах прошлого столетия. Первый светодиод, работающий в видимом диапазоне был разработан в 1962 году, а первые лампы, пригодные для комфортного использования были доработаны уже после 1995 года, когда стало возможным использование в них белого спектра света. Сегодня же светодиодные лампы можно увидеть на улице, в государственных учреждениях, торговых центрах и жилых домах [1].

Для наглядного рассмотрения вопроса эффективности светодиодных ламп рассчитаем потребление ламп накаливания и люминесцентных ламп в двухкомнатной квартире с восемью лампами, чтобы показать их преимущественные затраты по сравнению со светодиодными лампами.

Для этого рассчитаем потребление каждой лампы за сутки, а после умножим на тридцать, чтобы узнать, сколько они будут потреблять энергии в месяц. Для расчёта возьмём шестидесяти ваттные лампы накаливания, их эквивалентом будут пятнадцать ваттные люминесцентные лампы и девяти ватные светодиодные лампы. В среднем в день лампочки потребляют энергию по 5-6 часов в сутки, а один киловатт электроэнергии стоит четыре рубля, тогда по формуле [2]

$$P = P_x * 10^{-3} * t_{\text{час}} * C * t_{\text{сут}} * n, \quad (1)$$

где P_x – мощность одной лампочки в ваттах

$t_{\text{час}}$ – количество часов в день, когда лампочки потребляют энергию

C – стоимость одного киловатта энергии

n – количество лампочек

$t_{\text{сут}}$ – количество дней в месяц, когда лампочки потребляют энергию

Получается, что светодиодные лампы в шесть с половиной раз экономичнее ламп накаливания и в почти два раза лучше люминесцентных.

Таблица 1 – расчёт потребления разных видов ламп в двухкомнатной квартире

Вид лампы	Мощность в ваттах	Потребление энергии за месяц в киловаттах	Стоимость энергии за месяц в рублях
Лампа накаливания	60	72	288
Люминесцентная лампа	15	18	72
Светодиодная лампа	9	10,8	43,2

Если же для примера взять студгородок АлтГТУ, в котором по информации из интернета 1022 жилых комнаты, и по той же формуле рассчитать получившуюся экономию электроэнергии, учитывая, что в каждой комнате находится хотя бы одна лампочка, то получится, что, заменив лампы накаливания на светодиодные за год можно сэкономить почти четыреста тысяч рублей.

Таблица 2 – расчёт потребления разных видов ламп в студгородке АлтГТУ

Вид лампы	Потребление энергии за год в киловаттах	Стоимость энергии за год в рублях
Лампа накаливания	110376	441504
Светодиодная лампа	16556	66225

Из расчётов видно, что разница светодиодных ламп по сравнению с люминесцентными не критична, что не скажешь про лампы накаливания. Но светодиодные лампы так же обладают и другими преимуществами.

Например, в сравнении с люминесцентными, светодиодные лампы так же и более экологичны в связи с тем, что в колбах люминесцентных ламп содержатся пары ртути, следовательно, разбитая лампа представляет опасность, пусть и содержание ртути в ней невысокое. Ещё одним недостатком таких ламп является пульсация света, которая вредит зрению и снижает работоспособность [3]. Так же светодиодные лампы имеют гораздо больший срок службы, до пятидесяти тысяч часов и гарантию в один год, при бракованной продукции, а также меньшую теплоотдачу по сравнению с другими видами.

Единственным значительным, для некоторых людей, минусом светодиодных ламп является их стоимость по сравнению с другими лампами, но учитывая их экономию в энергопотреблении и долговечностью, они, в зависимости от производителя, окупают себя в первые 2-3 месяца. То есть если менять светодиодные лампы каждые два месяца, затраты на замену и электроэнергию будут равны затратам на эксплуатацию ламп накаливания [4].

Таким образом, благодаря замене ламп на светодиодные, можно достигнуть не только большей экономии, но и безопасности в эксплуатации и утилизации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Светодиодные светильники - как правильно экономить [Электронный ресурс]. URL: <https://greenled.ru/blog/svetodiodnye-svetilniki-kak-pravilno-ekonomit> (Дата обращения: 04.04.2023).
2. Как рассчитать, сколько киловатт потребляют ваши лампочки [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikihow.com/рассчитать,-сколько-киловатт-потребляют-ваши-лампочки> (Дата обращения: 04.04.2023).
3. Светодиодная или люминесцентная: какие лампы самые экологичные и безопасные [Электронный ресурс]. URL: <https://o-svet.ru/blog/svetodiodnaya-ili-lyuminestsentnaya-kakie-lampy-samy-e-ekologichnye-i-bezopasnye/> (Дата обращения: 05.04.2023).
4. Александров И. Экономят ли деньги светодиодные лампы: // Инженер- технолог по производству строительных материалов. 2019[Электронный ресурс]. URL: https://dzen.ru/a/XIOMP_otAACzKS2g (Дата обращения: 05.04.2023).

ОБЗОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ

Катаева Анжелика Сергеевна, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта»,
e-mail:lika5555551@bk.ru

Научный руководитель – Титов Евгений Владимирович, д.т.н., профессор,
e-mail:888tev888@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Представлены известные методы расчета распределения составляющих электромагнитного поля в воздушном пространстве. Рассмотрено современное специализированное программное обеспечение для визуализации электромагнитной обстановки. Проанализированы компьютерные программы для моделирования электромагнитного поля вблизи излучающих источников, характеризующиеся высокой адекватностью формируемых моделей. Обоснована необходимость применения метода конечного интегрирования.

Ключевые слова: визуализация, электромагнитное поле, компьютерное моделирование, методы моделирования, электромагнитная обстановка.

Непрерывное использование огромного количества источников электромагнитной энергии в производстве и быту приводит к потребности обеспечивать электромагнитную безопасность (ЭМБ) биологических объектов, находящихся в зоне воздействия опасного электромагнитного излучения (ЭМИ). Контроль электромагнитного излучения вблизи электрических установок и электронных устройств необходимо проводить для выбора эффективных мероприятий по обеспечению ЭМБ. Для получения более достоверной информации об электромагнитной обстановке (ЭМО) исследуемого пространства используют инструменты визуализации составляющих электромагнитных полей различных частот.

Известное программное обеспечение для визуализации ЭМО функционирует, основываясь на нескольких методах расчета. Общей чертой этих инструментов является моделирование электромагнитного поля (ЭМП) посредством решения системы уравнений Максвелла [1] в дифференциальной или интегральной форме, используя начальные граничные условия. Решения данных систем реализуются несколькими способами: методом граничных элементов, методом конечных элементов, методом конечных интегралов, методом конечных разностей [1].

Метод граничных элементов (метод моментов) основан на приравнивании теоретических моментов распределения к выборочным моментам с выражением неизвестных парамет-

ров. Он обладает быстродействием и не дискретизирует пространство. Главные недостатки – отсутствие универсальности и большое количество расчетов.

В основу метода конечных элементов входит дискретизация пространства на некоторое количество элементов и аппроксимация в каждом из этих элементов с помощью уже известных функций. Основным недостатком является долгое время анализа.

Метод конечных разностей основан на дискретизации пространства или временной области с последующей заменой частных производных в каждой точке пространства на конечные разности, относящиеся к параметрам соседних точек. Возможно использование в широком диапазоне частот. Слабая точность при моделировании больших пространств, из-за участия в расчетах огромного количества соседних точек.

Отличием метода конечных интегралов (FIT метод) от перечисленных ранее методов заключается в представлении уравнений Максвелла [1] не в дифференциальной, а в интегральной форме. Область расчета, представляющая собой первичную сетку и ортогональную ей вторичную сетку, разбивается на ячейки, после чего на них производится дискретизация уравнений Максвелла. Имеется возможность расчета нескольких материалов в одной ячейке, что определяет универсальность схемы пространственной дискретизации. Недостатками является трудоемкость вычислений и отсутствие автоматизации процесса формирования картин опасности в расширенном частотном диапазоне.

Моделирование электромагнитного поля в пространстве осуществляется с помощью большого многообразия специализированных программ [2].

1) Comsol Multiphysics (в режиме Femlab). Дополнительные модули обеспечивают специализированную функциональность для электромагнетизма, строительной механики, акустики, потока жидкости, теплопередачи и химической инженерии. Моделирование производится в 2D и 3D формате, при расчетах используется метод конечных разностей.

2) Femm. Осуществляет простое моделирование только в 2D формате. Программный пакет позволяет моделировать плоские или осесимметричные поля методом конечных элементов.

3) Ansys Maxwell. Расчет осуществляется в 2D и 3D форматах, хорошая точность расчетов, плохо справляется с сетками с большим количеством элементов. Математическая основа – метод конечных элементов.

4) Ansys Multiphysics. Производит расчет любых задач в 2D и 3D, множество решателей, долговременные расчеты. Расчет основан на методе конечных элементов.

5) Mag Neti Therm Net 2D/3D. Обладает рядом недостатков, таких как искажение картины распределения токов, большое время расчетов.

6) Jmag Designer. Имеется разнообразие модулей для решения задач, наиболее эффективен для моделирования в трехмерном виде, быстрая скорость расчета. Расчет производится методом конечных элементов.

7) Elcut. В основе расчетов лежит метод конечных элементов, практически все операции автоматизированы, широкий диапазон модулей для решения задач, расчеты только в 2D формате.

8) Cedrat flux 2D/3D. Расчет осуществляется в 2D и 3D пространстве, неудобный интерфейс, основан на методе конечных элементов.

9) CST Studio Suite. Моделирует поведение реальных устройств, в 2D и 3D формате. Базовый метод расчета – метод конечного интегрирования во временной и частотной области.

Выбор программного обеспечения для визуализации ЭМО зависит от метода расчета, на котором оно основано. Из рассмотренных методов, преимущественно выделяется метод конечных разностей из-за возможности проведения моделирования в широком диапазоне частот, удобства моделирования в анизотропных средах и малого количества вычислений. Таким критериям соответствует программное обеспечение Comsol Multiphysics [3], которое обеспечивает удобство интерфейса, доступность для общего пользования, русскую прошивку и возможность моделирования в 2D и 3D пространствах. Также является целесообразным

использовать программы, основанные на методе конечного интегрирования, которые за счет своего принципа действия дают сравнительно высокую точность результатов. Программное обеспечение CST Studio Suite [4] работает на интегральном методе и обладает рядом преимуществ, в числе которых наличие общего доступа, удобство в построении фигур со сложной геометрией, большое количество режимов.

При оценке особенностей Comsol Multiphysics [3] выявляются некоторые основные недостатки, объекты формируются посредством задания координат, что не может обеспечить удобство при построении объектов со сложной геометрией. У метода конечных разностей моделирование происходит посредством конечной разности параметров соседних точек, чем больше пространство, тем сильнее искажается результат моделирования, каждые вновь построенные соседние точки дают погрешность результатов моделирования, возрастающую с увеличением их количества.

Все выше перечисленные недостатки устраняет использование мощной программы трехмерного моделирования CST Studio Suite [4]. При методе конечных интегралов сетки или области расчета разбиваются на ячейки с присвоением каждой ячейке уравнений Максвелла, каждая грань ячейки в данном случае рассматривается отдельным уравнением, что позволяет наиболее дискретизированно рассмотреть большое количество точек исследуемого пространства, при больших размерах этого пространства погрешность моделирования будет наблюдаться минимальная.

Таким образом, при сравнении рассмотренных программ выявлено преимущество CST Studio Suite [4]. При построении геометрии CST Studio Suite обеспечивает необходимое удобство, так как формирование геометрических фигур может быть как непосредственным, заданным от руки, так и посредством задания координат. Метод, реализованный в этом программном обеспечении, позволяет получать результаты моделирования с большей степенью адекватности. Однако при использовании CST Studio Suite [4] выявились такие трудности, как отсутствие известных методик моделирования поля в пространстве и русскоязычной версии программы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мигалев И.Е. Автоматизированный контроль электромагнитных излучений в технологиях АПК: специальность 05.20.02 «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве»: дисс... канд. тех. наук / Мигалев Иван Евгеньевич. – Барнаул, 2018. –126 с.
2. Расчеты электромагнитных и тепловых задач в программе Jmag-Designer: личный сайт Дмитрия Патанова / Обзор софта. – Санкт-Петербург, 2016. – . – URL: <http://inductor-jmag.ru/> (дата обращения: 07.12.2022).
3. Comsol: Официальный сайт программного обеспечения / Программные продукты Comsol. – Москва, 2020 – . – URL: <https://www.comsol.com/> (дата обращения: 02.02.2023). – Режим доступа: Для зарегистрированных пользователей.
4. Dassault systemes: Официальный сайт программного обеспечения / Программные продукты для виртуальных моделей. – Москва, 2002 – 2022 – . – URL: <https://www.3ds.com/ru/> (дата обращения: 04.01.2023). – Режим доступа: Для зарегистрированных пользователей.

УПРАВЛЕНИЕ УСТРОЙСТВОМ РПН ТРАНСФОРМАТОРА С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Коноплев Никита Евгеньевич, аспирант кафедры «Электрификация производства и быта»,
e-mail:nikita_konoplev_e51@mail.ru

Научный руководитель – Компанеев Борис Сергеевич к.т.н., доцент, e-mail:kompbs@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрен способ регулирования напряжения в электрических сетях путем изменения коэффициента трансформации трансформатора, оснащенного устройством регулирования под нагрузкой (РПН). Выявлены недостатки классического регулятора напряжения. Показаны преимущества использования нечеткого регулятора для управления устройством РПН. Сделан вывод о возможности внедрения алгоритмов нечеткой логики в систему управления РПН.

Ключевые слова: трансформатор, устройство РПН, регулирование напряжения, нечеткая логика, нечеткий регулятор.

Особенность передачи электрической энергии заключается в том, что передаваемая по электрической сети мощность постоянно изменяется. От величины передаваемой мощности зависит величина потерь напряжения на участке сети и, следовательно, уровень напряжения у потребителя, который является важнейшим параметром качества электрической энергии. Поэтому для обеспечения требуемого качества электроэнергии, отпускаемой потребителям, и повышения экономичности эксплуатации систем необходимо регулирование напряжения в электрических системах.

Одним из наиболее часто используемых способов регулирования напряжения является изменение коэффициента трансформации силового трансформатора при помощи или устройства регулирования под нагрузкой (РПН). Диапазоны регулирования напряжения на трансформаторах с РПН, выпускаемых отечественной промышленностью, достаточно велики и, в зависимости от номинального напряжения и мощности трансформатора, составляют от 18 до 32 % [1].

Регулирование напряжения путем изменения коэффициента трансформации с помощью устройства РПН применяется практически на всех подстанциях. С 1974 г. отечественные заводы, выпускающие трансформаторы, комплектовали их автоматическими регуляторами напряжения (АРНТ) типа АРТ-1Н, которое предназначено для автоматического управления электроприводами переключателя отпаек на обмотках силового трансформатора (РПН) импульсным, или непрерывным сигналом.

Современной альтернативой устройствам автоматического регулирования напряжения трансформатора являются микропроцессорные устройства, например Сириус-2-РН, производства АО «Радиус Автоматика». Логика работы устройства Сириус-2-РН совпадает с логикой устройств АРТ-1Н. Преимуществом устройства Сириус-2-РН является высокая надежность, быстродействие, простота управления, а также выполнение ряда дополнительных функций [2].

Выбор отпаек при использовании устройства АРНТ производится в следующей последовательности:

- по ПУЭ принимают допустимые отклонения напряжения для данного потребителя (или группы потребителей);
- приводят все сопротивления рассматриваемого участка цепи к одному (чаще к высокому) напряжению;
- зная напряжения в начале сети высшего напряжения, вычитают из него суммарную приведенную потерю напряжения до потребителя для требуемых режимов нагрузки.

Процесс регулирования напряжения устройством РПН показан на рисунке 1. Линия 3 обозначает уставку регулятора, а линии 1 и 5 показывают границы зоны нечувствительности $\Delta U_{нч}$, которые определяют значение напряжения, при котором регулятор производит изме-

нение коэффициента трансформации. Из представленного графика видно, что требуемое значение напряжения, обозначенное линией 3, поддерживается с точностью, равной $\pm\Delta U_{нч}/2$.

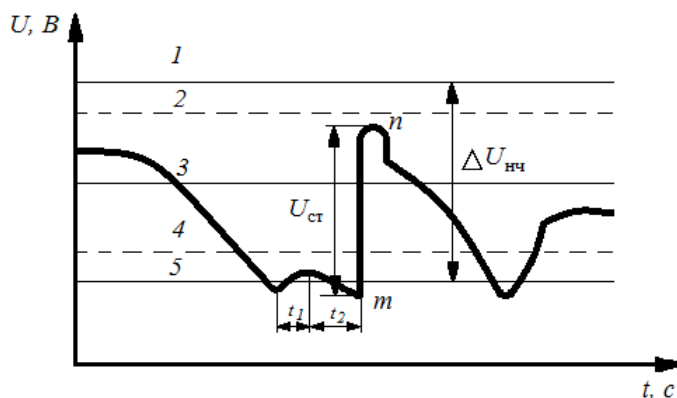


Рисунок 1 – Процесс регулирования напряжения устройством РПН

После срабатывания, регулятор находится в действии до тех пор, пока напряжение на его входе находится за пределами зоны, ограниченной линиями 2 и 4. Переключение ответвлений происходит, если время отклонения напряжения за пределы зоны нечувствительности превышает выдержку времени регулятора t_1 и время действия приводного механизма t_2 , вместе взятых. При этом график напряжения из точки m скачкообразно переходит в точку n , т. е. напряжение увеличивается на ступень регулирования $U_{ст}$. При втором срабатывании регулятора переключения не происходит, так как время отклонения напряжения меньше времени срабатывания уставки.

Данный способ регулирования напряжения устройствами АРНТ позволяет поддерживать напряжения у потребителей в пределах, регламентируемых ГОСТ 32144-13, однако не удовлетворяет следующим требованиям:

- снижение количества переключений регулятора насколько возможно;
- отсутствие переключений при коротких замыканиях;
- минимизация потерь электроэнергии в линии и трансформаторе.
- работа в условиях неполноты данных о параметрах электрической сети;
- не учитывается влияние динамического изменения нагрузки на уровень напряжения у потребителей.

Все существующие на сегодняшний день классические регуляторы либо не обеспечивают всех перечисленных выше требований, либо обеспечивают их, но не в полной мере.

Использование нечеткой логики для решения поставленной задачи дает возможность просто, с помощью правил, реализовать регулятор с большим количеством входных сигналов и избежать сложного математического описания процессов регулирования.

Отличительной особенностью алгоритмов на основе нечеткой логики является их относительная по сравнению с классическими регуляторами простота, высокое быстродействие и возможность учета большого количества входных данных и условий, влияющих на выбор оптимального напряжения в электрической сети [3].

Так, например, классический регулятор не учитывает такие параметры как работа РПН вблизи своих крайних положений и количество переключений РПН за сутки. При подходе РПН к своему предельному положению, классический регулятор не меняет характер своей работы. Нечеткий же регулятор дает возможность предотвратить подход переключателя анцапф к своему крайнему положению, т.е. корректирует работу в зависимости от текущего положения переключателя отпаек РПН. При большом количестве переключений за сутки нечеткий регулятор увеличивает время на задержку переключения, что позволяет увеличить ресурс устройства РПН.

Еще один плюсом устройств на основе нечеткой логики является то, что их, возможно, перепрограммировать и адаптировать под текущие нужды. В случае необходимости добавление новых функций не представляет затруднений.

Для программной реализации алгоритмов нечеткой логики используются специальные компьютерные программы, такие как CubiCalc, FuziCalc, Триумф-Аналитика и система математического моделирования MATLAB со встроенным пакетом Fuzzy Logic.

Реализовать на практике алгоритм на основе нечеткой логики возможно с помощью существующих микропроцессорных систем управления РПН, которые имеют возможность работать по различным установленным алгоритмам и допускают установку пользовательской программы управления.

Таким образом, внедрение систем управления устройством РПН на основе нечеткой логики не потребует значительных материальных затрат и может быть реализовано в ближайшее время. Это позволит увеличить ресурс устройства РПН, повысить качество электроэнергии и снизить ее потери при передаче и распределении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии / А.А. Герасименко, В.Т. Федин – 2-е изд. – Ростов на Дону: Феникс, 2008. – 715 с.
2. Цифровое устройство защиты и автоматики «Сириус-2-РН» [Электронный ресурс] / ЗАО «РАДИУС Автоматика». – Режим доступа: <https://www.rza.ru/catalog/sirius-2-rn.php>
3. Усков А.А. Системы с нечеткими моделями объектов управления. Монография. – Смоленск: СФРУК, 2013. – 153 с.

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В АПК

Кривошеева Анастасия Петровна, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail: nastasia.krivosheeva@yandex.ru

Научный руководитель – Нефедов Сергей Федорович, к.т.н., доцент, e-mail: nfdv@inbox.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье представлены тезисы, следование которым позволяет создать максимально комфортные условия для внедрения ветряных установок в агропромышленном комплексе на коммерческой основе. За основу взята идея надёжного водоснабжения садовых участков частных кооперативов. Показано, что максимальная коммерческая эффективность от такого внедрения ожидается вблизи крупных городов, население которых содержит загородные садоводства. Важным для данного подхода является создание условий развития производства агрегатов ветрогенерации на предприятиях Российской Федерации.

Ключевые слова: ветрогенерация, агропромышленный комплекс, стоимость внедрения, литиевая батарея, урбанизация.

На данное время, ветроэнергетика показала себя как быстроразвивающаяся отрасль во многих странах. Сам этот факт демонстрирует, что она доказала свою эффективность. Однако, внедрение технологий в данной сфере, выявило множество проблем, что является частью стандартного процесса доводки при запуске новых, внедряемых установок.

Перспективы использования ветроэнергетики в АПК требуют внимательного отношения по ряду особенностей. Это связано с принципиально разным укладом жизни и особенностями климатических условий на разных территориях и в разных странах [1]. Но в данной теме, нас интересуют возможности использования ветроэнергетики для Российской Федерации [2], где существенными особенностями (факторами) являются: большая площадь незаселенных земель, трудности с обеспечением электроснабжения на отдаленных территориях, а также существенные различия климатических условий на территории страны.

В целом данная ситуация является благоприятной для применения технологий ветрогенерации. Однако, безусловно, необходимо учитывать эффективность использования таких решений в тех или иных случаях, и для России она очень различается [3].

Можно рассмотреть подход для внедрения технологий ветрогенерации, который за счет условий такого внедрения, с учетом интересов жителей регионов с высоким уровнем

дохода, позволит снизить издержки на производство данного оборудования и на расширение сфер его применения в дальнейшем. Иными словами, способ внедрения может повлиять на окупаемость и удешевление производства ветрогенераторов.

В контексте данной темы, мы бы хотели рассмотреть применение этой идеи как коммерческое предложение использования ветряных установок для садоводческих кооперативов, расположенных рядом с крупными городами и мегаполисами. Основная проблема, от которой мы отталкивались – это периодическое отключение воды и света на садовых участках в течении года. Все это связано с издержками обслуживания садоводческой инфраструктуры: ремонтными работами и экономией электроэнергии. Невысокие бюджеты таких кооперативов связаны с урбанизацией в рассматриваемых регионах и заброшенностью участков частью собственников, которые в условиях роста качества жизни в крупных городах, а также роста своей занятости, систематически могут не платить членские взносы.

Посчитаем примерные затраты на внедрение ветроустановки в данной местности:

- силовой агрегат на 2,2-3 кВт будет стоить около 12-16 т.р.;
- мачта и лопасти могут стоить от 50 до 80 т.р.;
- батарея и сопутствующее электрооборудование с ресурсом 5-6 лет может значительно варьировать в цене. Но ориентировочно стоит от 158 до 300 т.р. [4].

Опять же, можно выбрать батарею дешевле, с последующим демонтажем лопастей ветроустановки на зимний период времени, учитывая при установке и эксплуатации тип используемого аккумулятора. Соответствующие источники питания большой мощности, рассчитанные для домашнего использования в литий-ионном исполнении, стоят в пределах 45-100 т.р. [5]. Промышленные же источники бесперебойного питания, способные обеспечивать сетевой однофазный и трёхфазный режимы работы стоимостью до 300 т.р. демонстрируют наиболее надёжный и полный функционал.

Получается, что на садовый кооператив с условным числом двадцати семей, стоимость установки будет варьироваться от 19-21 т.р. на семью. В реальности количество семей может варьировать в большую сторону, что в целом с учётом и роста их потребления электроэнергии позитивно сказывается на итоговой смете.

Главным актуализирующим фактором является отсутствие подключения таких кооперативов к центральному водоснабжению. Вместо них, садоводческие кооперативы зачастую пользуются своими скважинами. Основная задача ветроустановки: работа насоса водонапорной башни с целью полива. Помимо этого, для разгрузки водонапорной башни в вечернее время можно использовать наполнение личных резервуаров с водой днем, с последующим использованием в целях полива участка. Излишки энергии можно накапливать в батарее и использовать в бытовых целях.

Таким образом, мы пытаемся компенсировать большую часть затрат электроэнергии, которые являются постоянными в условиях необходимости ежедневного использования воды с целью полива территории садовых участков. Первичной целевой аудиторией для внедрения данной идеи можно считать пригороды и садовые кооперативы городов-миллионников, таких как Новосибирск, Санкт-Петербург, Москва и т.д. За счет массовости внедрения в дальнейшем рыночная цена за установку данного объекта будет значительно снижена. Помимо этого, такой подход будет хорошо стимулировать развитие отечественного производства ветрогенераторов, комплектующих к ним, а также источников бесперебойного питания различной мощности на батареях различного типа, изготовленных в варианте «под ключ». То есть с возможностями подключения ИБП в сеть или к локальным мощностям ветрогенерации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев В.Ю. Проблемы использования ветряных электростанций в России / В.Ю. Васильев // Мавлютовские чтения: материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции: в 6 томах, Уфа, 25-27 октября 2022 года. Том 3. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2022. – С. 321-323.

2. Васильев В.Ю. Нормативно-правовые предпосылки развития ветроэнергетики в Алтайском крае, [Электронный ресурс] // Интеллектуальная энергетика – 2022: Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции «Развитие энергетики Алтайского края и актуальные вопросы энергосбережения, повышения энергетической эффективности и внедрения новых технологий», Барнаул, 22 сентября 2022 года. URL: <http://mceor.ru/2022/22022/720.html>. (дата обращения: 19.12.2022).

3. Васильев В.Ю. Влияние климатических условий на работу ветряных установок / В. Ю. Васильев // Материалы XXII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, с международным участием в г. Нерюнгри, посвященной 30-летию юбилею Технического института (филиала) СВФУ им. М.К. Аммосова: Материалы конференции, Нерюнгри, 28–29 октября 2022 года / Редколлегия: А.В. Рукович, Н.Н. Гриб, П.Ю. Кузнецов [и др.]. – Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2022. – С. 30–32. – DOI 10.52994/9785751333737_007. – EDNPMJKIU.

4. Промышленные источники бесперебойного питания [Электронный ресурс]: Маркетплейс, 2023. – Режим доступа: <https://bepereboynik.ru/dlya-promishlennosti/> – Загл. с экрана.

5. Литиевые аккумуляторы [Электронный ресурс]: Маркетплейс, 2023. – Режим доступа: <https://shop.solarhome.ru/cat-batteries/litievie-akkumulyatory/> – Загл. с экрана.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОЭФФИЦИЕНТА НЕРАВНОМЕРНОСТИ

Кундель Сергей Алексеевич, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail: serzh.kundel@mail.ru; Осипов Кирилл Андреевич, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail: mr.osipov2014@inbox.ru

Научный руководитель – Компанец Борис Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail: kompbs@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной работе рассматриваются причины неравномерности нагрузки в электрической сети согласно методике Минэнерго РФ и расчет с использованием коэффициента неравномерности.

В работе дается оценка влияния коэффициента неравномерности на расчет потерь согласно методике Министерства Энергетики.

Ключевые слова: Потери электроэнергии, неравномерность нагрузок, однофазная нагрузка, силовой трансформатор, коэффициент неравномерности, токи несимметрии.

Достаточно актуальной проблемой распределительных сетей 10 кВ является неравномерная нагрузка фаз. Несимметрия токов возникает в связи с различными негативными факторами, такими как неравномерное распределение однофазных потребителей в трехфазной сети, нарушение сопротивления токоведущих частей, обусловленное износом провода, повреждением наружного контакта и т.д. [1]. Такие потери являются необоснованными как с технической, так и с экономической стороны, следовательно, экономическая нагрузка распространяется на бюджет сетевых компаний и энергосбытовых организаций. При расчете величин несимметрии токов появляется возможность корректного учета потерь электроэнергии с последующим осуществлением мероприятий по их снижению.

Действующая в настоящее время методика расчета потерь электроэнергии согласно приказу Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. №326 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям» не учитывает влияния возникающей несимметрии фаз [2].

Определить степень неравномерности нагрузки фаз можно через коэффициент неравномерности [3]

$$k_n = \frac{I_N}{I_A + I_B + I_C}, \quad (1)$$

где I_A, I_B, I_C – соответственно токи фаз А, В и С;
 I_N – ток в нулевом проводе.

Для оценки увеличения потерь мощности и энергии в сети вследствие неравномерности нагрузки фаз в трехфазной четырехпроводной сети используется коэффициент увеличения потерь мощности, представляющий собой отношение потерь мощности в сети при неравномерной нагрузке фаз к потерям мощности в той же сети при той же нагрузке, но равномерно распределенной по фазам[3]

$$k_y = \frac{\Delta P_{nr}}{\Delta P_p}, \quad (2)$$

где ΔP_{nr} – потери мощности при неравномерной нагрузке по фазам;

ΔP_p – потери мощности при равномерной нагрузке по фазам.

В ходе проведенной научной работы была получена эмпирическая зависимость потерь при неравномерной нагрузке по фазам.

Потери с учетом коэффициента неравномерности можно найти с помощью формулы (3)

$$\Delta P_{Kнер} = \frac{\Delta P_{МинЭнерго}}{1 - \left(\frac{\delta}{100}\right) \cdot K_{нер}}, \quad (3)$$

где $\Delta P_{МинЭнерго}$ - потери, рассчитанные по методике Министерства Энергетики РФ;

δ - погрешность, полученная при расчете;

$K_{нер}$ - рассчитанный коэффициент неравномерности.

Для оценки точности предложенной зависимости были приведены сравнительные расчеты потерь, определенных по методике МинЭнерго. В ходе анализа рассматривались различные ситуации от полностью равномерной нагрузки до загрузки только одной фазы, при этом неравномерность нагрузки была как по величине, так и по характеру нагрузки.

При сравнении расчетов, произведенных согласно методике, предложенной в Приказе МинЭнерго и расчетов с применением коэффициента неравномерности можно сделать вывод, что при введении коэффициента неравномерности, погрешности сокращаются от 0 до 45 раз. Такой диапазон обуславливается различием поведения нагрузки в рассмотренных случаях неравномерности нагрузок по фазам.

Значение коэффициента неравномерности в изучаемых ситуациях изменяется в зависимости от величин протекания тока в нулевом проводе. Наибольших значений достигает при изменяющихся величинах индуктивного и активного сопротивления при постоянном емкостном сопротивлении. Погрешность при его применении сокращается в диапазоне от 20 до 45 раз.

При постоянных значениях индуктивного и емкостного сопротивлений, изменяющихся значениях активного сопротивления погрешность сокращается в диапазоне от 1,27 до 11,65 раз. Такая разница, обусловлена значениями токов, протекающих в нулевом проводе.

При нагрузке, присутствующей на одной фазе, погрешность при введении в расчет коэффициента неравномерности полностью сокращается, поскольку учитывается влияние нулевого провода.

При расчетах, произведенных согласно методике Приказа МинЭнерго погрешности расчета в среднем составляют 25-30%, в частных случаях неравномерности нагрузки погрешность достигает 83%. При введении коэффициента неравномерности погрешность расчета потерь составляет до 7%. Следовательно, погрешность в процентном отношении сокра-

щается вплоть до 45 раз при относительно нетрудоемком процессе расчета, и может рассматриваться как доработка действующей методики расчета потерь, утвержденной приказом МинЭнерго, при неравномерной нагрузке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: учебник для бакалавров / Л.А. Бессонов. - 11-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство Юрайт, 2016. - 317 с.
2. Приказ Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. №326 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям»
3. Мирошин А.А. Методы вычисления потерь мощности в элементах несимметрично нагруженной сети / ХНТУСГ им. Петра Василенко. – Харьков, 2011. – с. 66-67.

СПИРАЛЬ СМЕРТИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ ПРИ МАСШТАБНОМ ВНЕДРЕНИИ АКТИВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В СЕТЬ

Меновщикова Алена Олеговна, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail:menovshikovaalena@mail.ru

Научный руководитель – Компанец Борис Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail:kompbs@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

На стоимость электроэнергии влияют несколько факторов, помимо интеграции активных энергетических комплексов в сеть. Эти факторы включают стоимость топлива, стоимость обслуживания и модернизации инфраструктуры, а также уровень спроса на электроэнергию. В некоторых случаях стоимость самих технологий АЭК может быть препятствием для внедрения. Однако со временем экономия за счет снижения счетов за электроэнергию может компенсировать эти затраты, что делает АЭК экономически выгодным вариантом для многих потребителей.

Ключевые слова: активные энергетические комплексы, микрогриды, спираль смерти, энергетические компании, электроэнергия.

В традиционной энергосистеме электроэнергия вырабатывается крупными электростанциями и распределяется на большие расстояния к потребителям через сложную сеть линий передачи и распределения. Эта централизованная система требует значительных инвестиций в инфраструктуру.

Напротив, системы активных энергетических комплексов производят электроэнергию в меньших масштабах, часто используя возобновляемые источники энергии, такие как солнечная энергия или энергия ветра. Электроэнергия, вырабатываемая этими системами, может быть использована близко расположенными потребителями. Влияние активных энергетических комплексов на конечную стоимость электроэнергии в будущем будет зависеть от нескольких факторов, включая масштабы внедрения технологий, нормативно-правовую базу и структуру затрат электросети.

Активный энергетический комплекс (АЭК) - один из видов микрогрида, используемый преимущественно группами промышленных предприятий и коммерческих потребителей, в котором объединены различные субъекты (производители и потребители электрической энергии и мощности), вступающие в экономические отношения по поводу производства и потребления электроэнергии и мощности, как внутри микрогрида, так и из внешней по отношению к АЭК сети. На данный момент в России функционирует пилотный проект АЭК. При достижении целей и выполнении задач проекта по внедрению АЭК в единый энергетический комплекс будет сформирована нормативно-правовая база для реализации новых коммерческих проектов [1]. А значит всё больше участников энергосистемы будет вовлечено в АЭК, что может привести к снижению общего спроса на электроэнергию и переходу к более децентрализованной энергетической системе.

По мере того, как все больше потребителей внедряют технологии АЭК, спрос на электроэнергию из сети может снизиться, что снизит потребность в новых инвестициях в крупные электростанции и передающую инфраструктуру. Это сокращение спроса может привести к снижению цен на электроэнергию в краткосрочной перспективе, так как уменьшается потребность в покрытии постоянных затрат на содержание энергосистемы.

Однако в долгосрочной перспективе может потребоваться корректировка структуры затрат на энергосистему, чтобы отразить меняющуюся динамику рынка электроэнергии. И спрос на электроэнергию из сети снижается из-за внедрения АЭК, это потенциально может привести к уменьшению доходов, которые энергетические компании получают от продажи электроэнергии. В то же время затраты на содержание сетевой инфраструктуры, включая линии передачи и распределения, подстанции и другое оборудование, остаются прежними или даже могут возрасти из-за необходимости модернизации для интеграции АЭК. Например, чтобы компенсировать потерю доходов и покрыть расходы на содержание инфраструктуры, коммунальные службы могут повысить цену на электроэнергию для потребителей, которые все еще подключены к сети. Это может привести к ситуации, когда потребители, которые не могут позволить себе или предпочитают не инвестировать в АЭК, в конечном итоге будут платить более высокие цены на электроэнергию для поддержки обслуживания сети. Это известно как «спираль смерти» [2].

Чтобы избежать такой ситуации, регулирующим органам может потребоваться рассмотреть альтернативные структуры тарифов и механизмы ценообразования, которые лучше отражают меняющуюся динамику рынка электроэнергии. Например, ценообразование по времени использования, при котором стоимость электроэнергии меняется в зависимости от времени суток, может способствовать более эффективному использованию сети и снижению общей стоимости электроэнергии.

В целом влияние АЭК на конечную стоимость электроэнергии в будущем будет комплексным и будет зависеть от множества факторов. В то время как АЭК может привести к снижению счетов за электроэнергию для некоторых потребителей, она также может привести к более высоким затратам для тех, кто не имеет доступа к этим технологиям, если структура затрат на энергосистему не будет скорректирована с учетом меняющейся динамики рынка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Активные энергетические комплексы – цифровой пилотный проект по созданию новой системы взаимоотношений потребителей розничного рынка электроэнергии и оптимизации их затрат : официальный сайт. – Москва, 2020. –URL: <https://www.so-ups.ru/news/press-release/press-release-view/news/6602/> (дата обращения 01.04.2023).

2. This Is What the Utility Death Spiral Looks Like: официальный сайт. – Массачусетс, 2014. –URL: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/this-is-what-the-utility-death-spiral-looks-like> (дата обращения 01.04.2023).

АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Миллер Александр Игоревич, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта»,
e-mail:s-m.2002@mail.ru

Научный руководитель – Соловской Александр Сергеевич, ассистент кафедры ЭПБ,
e-mail:solovskoyas@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Моделирование используется для теоретического и практического исследования объектов, процессов, явлений. Имеет общенаучный характер, является объективным, универсальным методом познания и применяется для изучения живой и неживой природы. Представлен анализ современных программ компьютерного моделирования электрических и магнитных полей, необходимые для исследования электромагнитных излучений в контролируемом пространстве.

Ключевые слова: электромагнитное поле, моделирование, электромагнитная обстановка, электрическое поле, магнитное поле.

В настоящее время существует ряд программ моделирования электрических цепей. При выборе программы для моделирования электрических схем следует руководствоваться следующими соображениями [1-3]:

- простотой построения схемы исследуемой электрической цепи;
- возможностью получения результата моделирования в требуемой форме;
- наличием в программе всех необходимых для моделирования цепей элементов: (источников напряжения и тока, элементов коммутации, источников сигналов требуемой формы и др.).

Программа PSpice входит в пакет программ системы OrCAD. Программа позволяет выполнять моделирование электрических и электронных схем при действии аналоговых входных сигналов. С ее помощью можно выполнять моделирование цепей в режимах постоянного и переменного тока, определять частотные характеристики цепей, анализировать переходные процессы в линейных и нелинейных цепях.

Программа Micro-Cap (Microcomputer Circuit Analysis Program) предназначена для моделирования линейных и нелинейных электрических и электронных схем. Первая версия этой программы была разработана фирмой Spectrum Software в 1981 году [4].

Программа Design Lab включает модификацию программы PSpice и также разработана корпорацией MicroSim. Особенностью программы является способность проектирования аналоговых и аналого-цифровых электрических и электронных устройств.

Программа Electronics Workbench (EWB) разработана фирмой Interactive Image Technologies Ltd. в 1995 году. Особенностью программы является использование в ней измерительных приборов, которые включаются в схему аналогично реальным измерительным приборам. Эта программа приспособлена для учебных целей [4].

Как показала практика применения перечисленных выше программ моделирования, все они могут быть использованы для учебных целей, поскольку удовлетворяют большинству поставленным выше требованиям. Некоторые неудобства вызывают отличные от принятых в учебнике условные обозначения ряда элементов: сопротивлений, источников напряжения и тока и др. Однако к этим условным обозначениям можно быстро привыкнуть и не допускать ошибок при составлении и расчете схем [2].

Другим весьма важным вопросом является уточнение целей моделирования при расчетах электрических цепей. Нужно признать, что, хотя моделирование электрических цепей выполняется с применением выше методов расчета цепей, однако эти расчеты недоступны пользователю, который получает только конечный результат этих расчетов [3].

Элементная база, используемая во всех перечисленных выше программах моделирования, весьма обширна и включает в себя большое количество различных элементов электронных устройств: диодов, транзисторов и др.

При работе с любой из программ моделирования можно выделить три основных этапа [1]:

- выбор элементов и построение схемы с указанием параметров входящих в нее элементов;
- выполнение моделирования работы схемы;
- вывод результатов моделирования в виде таблиц или графиков.

Рассмотрим порядок выполнения указанных этапов в используемых программах моделирования.

Программа PSpice, которая входит в систему OrCAD 9.1, обеспечивает выполнение всех перечисленных выше этапов. Особенностью этой программы является то, что в ней программа моделирования PSpice объединена с программой вывода результатов моделирования Probe. Поэтому выполнение моделирования и вывод результатов выполняются из одного меню. Недостатком данной программы является не наглядность моделирования.

Программный комплекс DesignLab 8.0 предназначен для проектирования аналоговых и аналого-цифровых электрических и электронных устройств. В состав этого комплекса входят те же программные модули, которые использованы в системе OrCAD: PSpice, Schematics, Probe. Программный комплекс DesignLab 8.0 является развитием более ранней системы Design Center 6.3. Основное отличие этого программного комплекса от системы OrCAD 9.1 состоит в том, что отдельные блоки программ не интегрированы в общую оболочку, а функционируют отдельно. Так, например, графический редактор Schematics позволяет создавать чертежи принципиальных схем в среде Windows и осуществлять запуск других программ: PSpice, Parts, Probe.

Система схемотехнического моделирования Micro-CapV. Система Micro-CapV по своим функциональным возможностям несколько уже системы OrCAD 9.1. В отличие от программного комплекса DesignLab 8 она работает под управлением одной оболочки, подобно системе OrCAD 9.1. При смене режима работы частично изменяется состав меню команд. В этой системе обеспечиваются: графический ввод исследуемых схем; расчет режимов DC, AC, Transient; расчет спектров, вариаций температуры, шумов; применение функционально зависимых источников; параметрическая оптимизация моделей элементов. Библиотека моделей элементов во многом заимствована из программы PSpice. Графики результатов моделирования можно вывести в процессе моделирования или после его окончания. Создание схем и их редактирование выполняются с помощью набора команд, которые сгруппированы в системе меню. Наиболее часто употребляемые команды вызываются с помощью иконок или комбинации клавиш [1].

Рассмотрим моделирование электротехнических цепей и устройств с помощью программы Electronics Workbench. Отмеченные выше недостатки рассмотренных программных продуктов значительно ограничивают возможности их внедрения в учебный процесс. С точки зрения рассматриваемых в данной работе целей использования программного обеспечения применяемая программа должна позволить студенту изучать основные положения электроники и электротехники [4].

Из числа наиболее доступных современных программных продуктов этим целям в наибольшей степени отвечает получившая широкое распространение во всем мире программа EWB, как отличающаяся самым простым и легко осваиваемым пользовательским интерфейсом. Учебная программа EWB обладает и таким важным достоинством, как значительные возможности для творчества студентов: они могут не только выполнять задания преподавателя, но и предлагать свои решения, апробировать их.

Для проведения исследований разнообразных электротехнических устройств программа EWB снабжена всеми известными типами измерительных приборов и источников электрических сигналов: амперметрами, вольтметрами, мультиметрами, осциллографами, анализаторами спектра, аккумуляторными батареями, генераторами постоянного тока, генераторами синусоидального напряжения и др. Эти приборы по внешнему виду, органам управления и характеристикам приближены к реальным промышленным аналогам [4].

Однако, элементная база программы EWB содержит только по одному из указанных измерительных приборов и источников электрических сигналов, что затрудняет исследование более сложных электротехнических цепей и устройств в виртуальной лаборатории.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ядровская М.В. К вопросу о компьютерном моделировании. Вестник Донского государственного технического университета. 2020;20(3):332-333.
2. Попов В.П. Основы теории цепей: учебник для бакалавров / В.П. Попов. – Москва: Издательство Юрайт, 2013. - 696 с.
3. Арсеньев Г.Н. Основы теории цепей: учебное пособие / Г.Н. Арсеньев, В.Н. Бондаренко, И.А. Чепурнов. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2017. - 448 с.
4. Марченко А.Л. Лабораторный практикум по электротехнике и электронике в среде Multisim: учебное пособие для вузов / А.Л. Марченко, С.В. Освальд. – Москва : ДМК Пресс, 2010. - 448 с.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОЦЕНКИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

Назаренко Владислав Денисович, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail:prohxx03@mail.ru; Сердюцких Михаил Константинович, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail:serdyutzkih@yandex.ru
Научный руководитель - Васильев Валерий Юрьевич, ассистент кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail:vasilievvalerij@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе проведен анализ способов определения ветроэнергетического потенциала. Описан действующий способ расчета среднегодовой удельной мощности и определены его недостатки. Приведен альтернативный способ определения ветроэнергетического потенциала местности. Описаны его преимущества и недостатки.

Ключевые слова: энергетика, ветроэнергетика, ветряные электростанции, ветроэнергетические установки, ВЭУ, ветроэнергетический потенциал.

Как известно, в последние годы использование энергии ветра является одним из перспективных направлений для обеспечения электроснабжения удаленных территорий [1]. В связи с этим актуальной задачей является оценка целесообразности установки ветроэнергетических установок (ВЭУ).

Согласно общепринятой методике определения ветроэнергетического потенциала одной из основных характеристик ветроэнергетического кадастра является среднегодовая удельная мощность ветрового потока, определяемая уравнением [2]

$$N_{уд} = \frac{\rho \cdot (v^3 \cdot dF)}{2}, \quad (1)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³;

$(v^3 \cdot dF)$ – скорость ветра с учетом функции распределения по градациям.

При расчете среднегодовой удельной мощности ветрового потока принимается допущение о том, что плотность воздуха ρ в уравнении (1) принимается за постоянную величину, характерную для нормальных условий. Такое допущение приводит к возникновению погрешности в расчетах в связи с тем, что плотность воздуха изменяется в зависимости от таких метеорологических параметров как температура, относительная влажность воздуха влажности и атмосферного давление [3].

Решение данной проблемы было описано в [3]. Автор предполагает, что определение плотности воздуха переменной величиной может значительно повлиять на результаты расчета удельной мощности ветрового потока, описывая изменение плотности влажного воздуха следующим уравнением [3]

$$\rho_{в.в.} = \rho_{с.в.} - 0,013 \frac{P_{п}}{T}, \quad (2)$$

где $\rho_{в.в.}$ – плотность влажного воздуха;

$\rho_{с.в.}$ – плотность сухого воздуха;

$P_{п}$ – парциальное давление водяного пара.

Так как при изменении атмосферного давления, температуры и влажности воздуха изменяется его плотность, то удельная мощность ветрового потока будет равна

$$N_{уд} = \frac{(\rho_{с.в.} - 0,013 \frac{P_{п}}{T}) \cdot (v^3 \cdot dF)}{2}. \quad (3)$$

Рассмотренный подход позволяет с большей точностью определить значение ветроэнергетического потенциала, так как в (3) учитывается изменение метеорологических параметров. При этом данный способ имеет недостаток, заключающийся в сложности его применения. Для использования уравнения (3) необходимо дополнительными способами определять значения сухого воздуха и парциального давления водяных паров для заданного значения температуры. Из-за этого уравнение (3) способствует увеличению числа операций для расчета удельной мощности ветрового потока.

Таким образом, способ определения удельной мощности ветрового потока, учитывающий изменение плотности воздуха в зависимости от метеорологических параметров стоит рассматривать как один из подходов к развитию методики оценки ветроэнергетических ресурсов местности. Имеющиеся исследования необходимо продолжать с целью уточнения и упрощения расчетов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев В.Ю. Проблемы использования ветряных электростанций в России / В.Ю. Васильев // Мавлютовские чтения: Материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. В 6-ти томах, Уфа, 25-27 октября 2022 года. Том 3. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2022. – С. 321-323. – EDN KTILSR.
2. Елистратов В.В., Кузнецов М.В. Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Часть 1. Определение ветроэнергетических ресурсов региона. Методические указания / В.В. Елистратов, М.В. Кузнецов. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003 г. – 55 с.
3. Васильев В.Ю. Влияние климатических условий на работу ветряных установок / В.Ю. Васильев // Материалы XXII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, с международным участием в г. Нерюнгри, посвященной 30-летию юбилею Технического института (филиала) СВФУ им. М.К. Аммосова: Материалы конференции, Нерюнгри, 28–29 октября 2022 года / Редколлегия: А.В. Рукович, Н.Н. Гриб, П.Ю. Кузнецов [и др.]. – Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2022. – С. 30-32. – doi: 10.52994/9785751333737_007. – EDN PMJKIU.

ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ

Нащекин Владислав Сергеевич, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail:vladn6743@gmail.com; Казацкий Максим Александрович, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail:m.kazatckiy@mail.ru

Научный руководитель – Сошников Александр Андреевич, д.т.н., профессор, e-mail:aa@soshnikov.info

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В результате расчетов количественных показателей пожарной опасности коротких замыканий (КЗ) в электропроводах объектов АПК выявлены неоднозначные последствия замены алюминиевой электропроводки на медную в однофазных и трехфазных сетях. Установлена возможность повышения пожарной опасности при междуфазных КЗ, что обуславливает необходимость предварительной оценки последствий планируемой реконструкции.

Ключевые слова: короткое замыкание, электрическая защита, электропроводка, показатель пожарной опасности.

Расширение номенклатуры и масштаба использования бытовой техники и электрооборудования привело к существенному повышению нагрузки на электрические сети, что определило тенденцию соответствующего изменения параметров электропроводки, в частности, замены алюминиевой на более дорогую - медную. При этом, благодаря снижению активного сопротивления, повышается пропускная способность. Так, например, длительно допустимый ток, составляющий 19 А для алюминиевых двухжильных проводов сечением 2,5 мм², повышается до 25 А, а для проводов 4мм² увеличивается от 25 А до 32 А [1]. В результате снижаются потери мощности и энергии, а также повышается качество напряжения у потребителей. Кроме того, воспламеняющая способность разлетающихся при коротких замыканиях (КЗ) раскаленных частиц меди значительно меньше, чем для алюминия [2], что снижает вероятность пожара.

Замена электропроводки на медную представляется еще более актуальной для сельских низковольтных сетей в связи с повышением уровня токов однофазного КЗ, так как при этом повышается эффективность работы электрической защиты.

В соответствии с технологией предупреждения пожаров от коротких замыканий в электропроводках, разработанной в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова [3], количественная оценка пожарной опасности каждого вида КЗ может проводиться по коэффициенту незащищенности, характеризующему долю электропроводки, пережигаемой возникающей электрической дугой до срабатывания защиты на каждом участке электрической сети. Нулевое значение этого показателя соответствует полной защищенности участка сети, а значение единица – полной незащищенности. При этом последствия КЗ определяются путем сопоставления время-токовой характеристики защиты и характеристики пережога проводов в диапазоне токов КЗ каждого вида на рассматриваемом участке.

В результате многочисленных расчетов показателей пожарной опасности КЗ в системах низковольтного электроснабжения объектов АПК с силовыми трансформаторами мощностью от 25 кВА до 630 кВА со схемами соединения обмоток «звезда – звезда» и «звезда – зигзаг» при длине внешних линий до 800 м и сечением проводов от 25 мм² до 95 мм² для алюминиевой и медной электропроводки внутренней сети различной протяженности с различными параметрами электрической защиты установлен неоднозначный характер влияния значений аварийных токов на коэффициент незащищенности.

В частности, повышение токов во всех случаях снижает либо оставляет неизменным коэффициент незащищенности для однофазных КЗ при любых параметрах электрической защиты. В то же время при междуфазных КЗ этот коэффициент может понижаться, повышаться или оставаться неизменным в зависимости от параметров защиты и диапазона аварийных токов на участках электрической сети.

В таблицах 1 и 2 приведены результаты расчета коэффициентов незащищенности для 18 вариантов защиты участка внутренней сети протяженностью 20 м с алюминиевой и медной электропроводкой сечением 4 мм², подключенному через воздушную линию протяженностью 110 м с алюминиевыми проводами сечением 50 мм² к трансформатору мощностью 160 кВА со схемой соединения обмоток «звезда- звезда».

Таблица 1 – Результаты расчета коэффициента незащищенности для участка внутренней сети при защите автоматическими выключателями с номинальным током от 16 до 32 А

Вариант защиты	Тип выключателя - ном. ток, А	Коэффициент незащищенности для КЗ вида:					
		однофазное		двухфазное		трехфазное	
		алюминий	медь	алюминий	медь	алюминий	медь
1	АЕ 2046 - 16	0	0	0,66	0,78	0,7	0,86
2	АЕ 2046 - 25	0,06	0	0,66	0,78	0,7	0,86
3	АЕ 2046 - 32	0,38	0,14	0,66	0,78	0,7	0,86
4	ВА 47-29 (С) -16	0	0	0	0	0	0
5	ВА 47-29 (С) -25	0	0	0,24	0	0,24	0

Продолжение таблицы 1

6	ВА 47-29 (С) -32	0	0	0,38	0,3	0,46	0,42
7	ВА 47-29 (В) -16	0	0	0	0	0	0
8	ВА 47-29 (В) -25	0	0	0,38	0,3	0,42	0,38
9	ВА 47-29 (В) -32	0	0	0,38	0,38	0,46	0,46

Таблица 2 – Результаты расчета коэффициента незащищенности для участка внутренней сети при защите автоматическими выключателями с номинальным током от 40 до 63 А

Вариант защиты	Тип выключателя - ном. ток, А	Коэффициент незащищенности для КЗ вида:					
		однофазное		двухфазное		трехфазное	
		алюминий	медь	алюминий	медь	алюминий	медь
1	АЕ 2046 - 40	0,78	0,18	0,66	1	0,7	1
2	АЕ 2046 - 50	1	0,58	0,66	1	0,7	1
3	АЕ 2046 - 63	1	1	0,72	1	0,72	1
4	ВА 47-29 (С) -40	0,22	0	0,38	0,86	0,46	0,84
5	ВА 47-29 (С) -50	0,62	0	0,42	0,86	0,5	0,9
6	ВА 47-29 (С) -63	1	0,14	0,42	0,86	0,5	0,94
7	ВА 47-29 (В) -40	0	0	0,38	0,86	0,46	0,9
8	ВА 47-29 (В) -50	0	0	0,42	0,86	0,46	0,9
9	ВА 47-29 (В) -63	0	0	0,42	0,9	0,5	0,94

Анализ таблиц 1 и 2 показывает, что замена алюминиевой электропроводки на медную в большинстве случаев повышает эффективность работы защиты при однофазных КЗ, уменьшая коэффициент незащищенности, если он отличается от нулевого значения (выделено зеленым цветом). Ни в одном случае увеличения коэффициента незащищенности не зафиксировано. В то же время для многих вариантов защиты коэффициент незащищенности повышается на 18 - 104 % при двухфазных КЗ и на 23 - 85 % при трехфазных КЗ (выделено красным цветом), хотя в некоторых случаях отмечено и снижение этого коэффициента (выделено зеленым цветом).

Снижение эффективности защиты при замене электропроводки обусловлено возможностью смещения и расширения зон пережога из-за увеличения токов КЗ, как показано на рисунке 1. Для алюминиевой электропроводки защитная характеристика выключателя находится ниже характеристики пережога, а для медной – выше из-за увеличения тока КЗ.

Результаты расчета тока КЗ в конце участка внутренней сети при замене электропроводки представлены в таблице 3. Для рассмотренного участка сети значение тока повышается на 23 % при однофазном КЗ и на 31 % при междуфазных КЗ, изменяя показатели эффективности защиты.

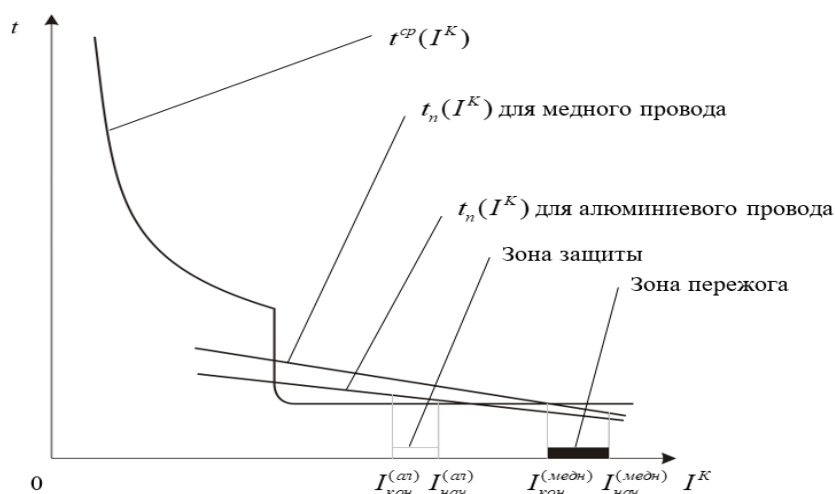


Рисунок 1 - Совмещенные характеристики срабатывания автоматического выключателя $t^{cp}(I^K)$ и пережога $t_n(I^K)$ алюминиевых и медных проводов

Таблица 3 - Значения токов КЗ в конце участка сети для алюминиевой и медной электропроводки

Материал провода	Значение тока, А при КЗ вида:		
	однофазное	двухфазное	трехфазное
Алюминий	285	710	744
Медь	351	929	973

Таким образом, замена электропроводки имеет неоднозначные последствия и в некоторых случаях, может приводить к повышению пожарной опасности междуфазных КЗ, что обуславливает необходимость предварительной оценки последствий планируемой реконструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб.и доп. –Москва :Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
2. Смелков Г.И. Пожарная безопасность электропроводок. – Москва: ООО «Кабель», 2009. – 328 с. ISBN 978-5-9901554-2-8.
3. Куликова Л.В. Основы электромагнитной совместимости: учебник для вузов /Л.В. Куликова, О.К. Никольский, А.А. Сошников. – Изд. 4-е, стер. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2020. – 404 с. ISBN 978-5-4499-1175-9.

ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ У АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Новиков Тимофей Алексеевич, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:nadchka946@rambler.ru

Научный руководитель – Васильев Валерий Юрьевич, ассистент кафедры ЭПБ,
e-mail:vasilievvalerij@mail.ru

Алтайский государственных технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрена проблема обеспечения качественного электроснабжения автономных потребителей с использованием альтернативных источников энергии. Приведена структурная схема электроснабжения автономных потребителей. Рассмотрен принцип работы системы Smart-Grid. Обозначены ее преимущества и возможность применения в системе электроснабжения автономных потребителей.

Ключевые слова: преобразователи, качество электроэнергии, электроэнергия, генерация электроэнергии, Smart-Grid.

Как известно [1-2] в последние годы большое распространение получила распределенная генерация электроэнергии. Связано это с проблемами ее транспорта к потребителям, находящимся на больших расстояниях от центральных электрических сетей либо на изолированных территориях. Питание таких электропотребителей либо невозможно в виду проблем, возникающих при проектировании и строительстве линий электропередач, либо экономически невыгодно.

В виду особенностей процессов генерации электроэнергии с использованием альтернативных источников энергии ее качество может ухудшаться. Само понятия качества электроэнергии подразумевает обеспечение заданных значений специальных показателей, называемых показателями качества электроэнергии (ПКЭ). К ПКЭ относятся временное перенапряжения, импульс напряжения, провал напряжения, отклонение частоты и т.д.

Одним из вариантов решения проблемы повышения качества электроэнергии у автономных потребителей является преобразование электрических величин к необходимым значениям. Осуществление таких процессов обеспечивается путем внедрения различных информационных технологий. Одной из таких технологий является система «SmartGrid», представляющая собой автоматизированную сеть генерации, передачи и потребления электро-

энергии. Она имеет ряд преимуществ относительно традиционной ОЭС. Среди них можно отметить самомониторинг, повышение надежности и уменьшения потерь в проводах за счет оптимального распределения нагрузки [3].

Согласно [3] примером схемы электроснабжения автономного потребителя, функциональные звенья которой осуществляют обмен данными между собой, приведена на рисунке 1.

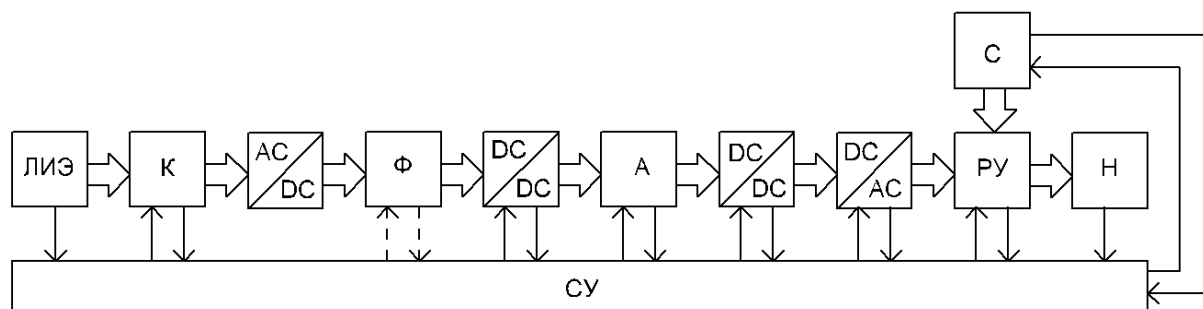


Рисунок 1 – Схема энергообеспечения автономного электроприемника с использованием локальных источников энергии [3]

ЛИЭ – локальный источник энергии, К – коммутатор, AC/DC выпрямитель, Ф –фильтр, DC/DC – преобразователь постоянного тока, А – аккумулятор, DC/AC – инвертор, РУ – распределяющее устройство, С – сеть, Н – нагрузка, СУ – система управления

Как видно из данной схемы, переток электроэнергии производится с помощью ряда преобразований тока, что необходимо для обеспечения качественного электроснабжения автономных потребителей.

Таким образом, применение распределенной генерации в совокупности с системой Smart-Grid позволяет в режиме реального времени производить сбор и обработку информации о показателях электроэнергии, а также воздействует на преобразователи тока, тем самым решая проблему обеспечения качества электроэнергии у автономных потребителей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев В.Ю. Нормативно-правовые предпосылки развития ветроэнергетики в Алтайском крае / В. Ю. Васильев // Интеллектуальная энергетика - 2022: Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции, Барнаул, 22 сентября 2022 года / Ред.-сост. С.О. Хомутов, С.А. Родт, В.И. Сташко. – Барнаул: Межрегиональный центр электронных образовательных ресурсов, 2022. – С. 294-295. – EDNQJMZCO.
2. Васильев В.Ю. Проблемы использования ветряных электростанций в России / В. Ю. Васильев // Мавлютовские чтения: Материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. В 6-ти томах, Уфа, 25–27 октября 2022 года. Том 3. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2022. – С. 321-323. – EDNKTILSR.
3. Иванов И.А. Разработка комплекса электроснабжения автономного потребителя / И. А. Иванов // Наука и молодежь: материалы XVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Барнаул, 19-23 апреля 2021 года. Том 1, часть 2. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2021. – С. 338-341. – EDNDWRNTG.

МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАГРУЗКИ ВО ВРЕМЕНИ

Осипов Кирилл Андреевич, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта»,
e-mail:mr.osipov2014@inbox.ru; Кундель Сергей Алексеевич, магистрант кафедры
«Электрификация производства и быта», e-mail:serzh.kundel@mail.ru

Научный руководитель - Компанец Борис Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail:komrbs@mail.ru
Алтайский государственных технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной работе рассматривается метод по повышению точности расчета потерь электроэнергии согласно методике Минэнерго РФ и расчет с учетом влияния колебаний нагрузки во времени.

В работе дается оценка влияния неравномерности нагрузки на расчет потерь согласно методике Министерства Энергетики.

Ключевые слова: Потери электроэнергии, влияние неравномерности, суточные графики, точность расчета, колебание нагрузок.

Расчет потерь электроэнергии при передаче осуществляется в соответствии с приказом от 30.12.2008 N 326 Министерства Энергетики РФ, в котором изложена методика расчета, однако в данной методике при расчете потерь пренебрегают частью факторов, влияющих на точность определения потерь, одним из которых является колебание электрических нагрузок во времени. Проведем анализ влияния неравномерности нагрузок на точность определения потерь электроэнергии.

В проектировании используют типовые суточные графики. Суточные графики отражают изменение мощности нагрузки в течение суток. Для построения конкретного суточного графика необходимо знать максимальную нагрузку и иметь типовой суточный график [1].

В методике МинЭнерго применяется формула:

$$\Delta P_{\text{МинЭнерго}} = I_{\text{cp}}^2 R, \quad (1)$$

I_{cp}^2 – квадрат среднего значения тока, А;

где, R – значение активного сопротивления, Ом.

Произвести расчет потерь электроэнергии по формуле (1) затруднительно, так как в качестве исходных данных в ней требуется значение протекающего тока, прибор учета при этом измеряет потребленную активную энергию, таким образом, необходимо произвести преобразование расчетной формулы для определения потерь электроэнергии [2]:

$$P = \frac{W}{T}, \quad (2)$$

где, P - нагрузка, Вт;

W - электроэнергия, Вт · ч;

T - интервал рассмотрения нагрузки, час.

$$\Delta P = I^2 \cdot R \cdot T, \quad (3)$$

где, ΔP – потери мощности, Вт;

I^2 - квадрат силы тока, А;

R – сопротивление, Ом;

T - интервал рассмотрения нагрузки, час.

$$\Delta P = \frac{S^2}{U^2} \cdot R \cdot T, \quad (4)$$

где, $\frac{S^2}{U^2} = I^2, \text{ Вт}/\text{В}$.

$$\Delta P = \frac{P^2}{\cos^2 \varphi \cdot U^2} R \cdot T, \quad (5)$$

где, $\cos \varphi$ – коэффициент активной нагрузки;

U^2 – квадрат напряжения, В.

Подставляем (2) в выражение (5) получаем:

$$\Delta P = \frac{W^2}{T^2 \cdot \cos^2 \varphi \cdot U^2} RT \quad (6)$$

Проведя сокращение параметров, получим итоговое выражение:

$$\Delta P = \frac{W^2}{T \cdot \cos^2 \varphi \cdot U^2} R \quad (7)$$

Потери, принятые за фактические в произведенном расчете, рассматривались в течение интервала в одну минуту. Такой расчет не отражает фактические потери в полном объеме, так как в течение минуты рассмотрения также происходят колебания нагрузки, однако более точный расчет в данный момент не представляется возможным осуществить [3].

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{120} \frac{22^2}{\frac{1}{60} \cdot 0,8^2 \cdot 220^2} 0,576 + \frac{26^2}{\frac{1}{60} \cdot 0,8^2 \cdot 220^2} 0,576 + \dots = 89,45 \text{ Вт}.$$

Данный результат обозначим фактическими потерями.

Далее были произведены расчеты потерь при интервале рассмотрения в 1 час

$$\Delta P = \sum_{i=1}^2 \frac{1142^2}{1 \cdot 0,8^2 \cdot 220^2} 0,576 + \frac{1725^2}{1 \cdot 0,8^2 \cdot 220^2} 0,576 = 79,58 \text{ Вт}.$$

Погрешность расчета потерь при интервале усреднения изменения нагрузки, длительностью в 1 час, по сравнению с фактическим значением потерь рассчитывается по формуле (8):

$$\delta_1 = \frac{\sum_{i=1}^{120} \Delta P_i - \sum_{k=1}^2 \Delta P_k}{\sum_{i=1}^{120} \Delta P_i}, \quad ((8))$$

где, ΔP_i – расчетные потери в течении минуты, Вт;

ΔP_k – расчетные потери в течении 1 часа, Вт.

Погрешность расчета потерь при интервале усреднения изменения нагрузки, длительностью в 1 час, составляет 11 %.

Возможным вариантом сокращения погрешности при расчетах потерь электроэнергии является сокращение интервала усреднения параметров электрической энергии в приборе учета. Сокращая этот период, возможно, повысить точность суточного графика нагрузок, расчета потерь и режимов работы электрической сети. Рассмотрим, как изменится значение потерь электроэнергии на примере сокращения интервала рассмотрения до 15 минут.

$$\Delta P = \sum_{i=1}^8 \frac{13,56^2}{1 \cdot 0,8^2 \cdot 220^2} 0,576 + \frac{3,34^2}{1 \cdot 0,8^2 \cdot 220^2} 0,576 + \dots = 84,90 \text{ Вт}.$$

По сравнению с фактическим значением потерь, в то же время при сокращении интервала до 15 минут погрешность составила 6 %, следовательно, погрешность при рассмотрении интервала в 1 час превышает погрешность при сокращенном интервале более, чем в два раза.

Таким образом, рекомендуется уменьшить интервал рассмотрения нагрузки, что, в свою очередь, не повлечет технических осложнений, так как это является технической особенностью настройки прибора учета. Не повышая трудоемкость процесса, становится возможным повышение точности расчетов дополнительных параметров. Одна, несмотря на уменьшение интервала рассмотрения данных, остается неравномерность нагрузки по времени внутри интервала, исходя из этого, некоторая погрешность будет сохраняться.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Приказ Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. №326 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям»
2. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: учебник для бакалавров / Л.А. Бессонов. - 11-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство Юрайт, 2016. - 317 с.
3. Титова Т.А. Расчет потерь электроэнергии в распределительных сетях. / Т.А. Титова., Б.С. Компанеец. / изд.: Алтайский гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ВБЛИЗИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Осьмушкина Елена Борисовна, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта»,
e-mail:lenaosmushkina@mail.ru

Научный руководитель – Титов Евгений Владимирович, д.т.н., доцент,
ведущий научный сотрудник, e-mail:888tev888@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Представлены результаты инструментального контроля плотности потока энергии в частотном диапазоне 400 - 590 МГц вблизи установки для орошения сельскохозяйственных культур. Приведена формула для определения интенсивности результирующей электромагнитной волны. Рассмотрен поэтапный процесс определения результирующей волны путем наложения амплитудных значений интенсивности электромагнитного поля для выбранных частотных составляющих.

Ключевые слова: интенсивность электромагнитного поля, экспериментальные измерения, установка для орошения, методика наложения электромагнитных волн, компьютерное моделирование, электромагнитная обстановка.

С непрерывным развитием методов выращивания сельскохозяйственных культур, необходимо учитывать электромагнитные излучения, возникающие в процессе эксплуатации комплекса оборудования, используемого на производственных объектах [1]. При этом спектр формируемых электромагнитных излучений изменяется в широком частотном диапазоне до нескольких десятков ГГц, что вызывает необходимость оценки плотности потока энергии (ППЭ) в зонах длительного пребывания персонала.

В Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова разработана технология определения результирующей частоты и амплитуды [2], основанная на особенностях наложения когерентных и некогерентных волн. Методика наложения электромагнитных волн включает вычисление частоты и определение результирующей амплитуды [3].

Используя известные выражения вектора Умова-Пойнтинга, предлагается рассчитывать плотность потока энергии в исследуемой точке по формуле (1):

$$\text{ППЭ} = \frac{\sqrt{\varepsilon_0}}{0,5 \cdot n} \cdot I_m \cos 2\pi f \left(t - \frac{l}{v} \right) \quad (1)$$

где $\xi_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 120\pi$ – волновое сопротивление вакуума, Ом;

$n = \sqrt{\varepsilon\mu}$ – коэффициент преломления среды;

I_m – амплитудное значение интенсивности электромагнитного поля, Вт/м²;

f – частота распространения поля, Гц;

t – время, с;

l – расстояние между источником поля и точкой измерения поля, м;

v – скорость распространения волны, м/с.

При завершении формирования наложенных колебаний по каждой частотной составляющей вычисляются максимальные значения параметров электромагнитного поля. Предлагаемая методика расчетов опробована для производственного помещения тепличного предприятия с установкой для орошения сельскохозяйственных культур [2].

Для проведения измерений ППЭ в частотном диапазоне 400 - 590 МГц использовалось устройство контроля радиочастотных ЭМП в диапазоне 30 МГц - 30 ГГц и прибор ПЗ-41 [4]. Измерения проводились на требуемом расстоянии 10 см [5] от каждой стенки установки. С использованием предложенной методики выполнена оценка интенсивности ЭМП. Величины наложенных электромагнитных волн рассчитаны с учетом близлежащих частот, характеристики которых получены на предыдущем этапе вычисления. Характеристики результирующих волн для каждой составляющей ЭМП применительно к передней и задней стенкам установки сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результирующая волна для передней и задней стенок установки

Исходные данные		Результаты наложения частотных составляющих ППЭ					
		1 этап		2 этап		3 этап	
Частота	ППЭ, мкВт/см ²	Частота	ППЭ, мкВт/см ²	Частота	ППЭ, мкВт/см ²	Частота	ППЭ, мкВт/см ²
400 МГц	97,471	406 МГц	269,463	427 МГц	434,005	480 МГц	714,345
410 МГц	171,992						
450 МГц	124,812	460 МГц	164,542				
490 МГц	39,730						
520 МГц	55,313	534 МГц	105,537	560 МГц	280,340		
550 МГц	50,224						
570 МГц	125,011	576 МГц	174,803				
590 МГц	49,792						

Как видно из таблицы 1, результирующая волна вблизи передней и задней стенок установки характеризуется мощностью сигнала 714,345 мкВт/см² и частотой 480 МГц. В соответствии с полученными результатами наложения частотных составляющих формируются спектральные картины. На рисунке 1 приведены результаты наложения нескольких частотных составляющих ЭМП для передней и задней стенок установки.

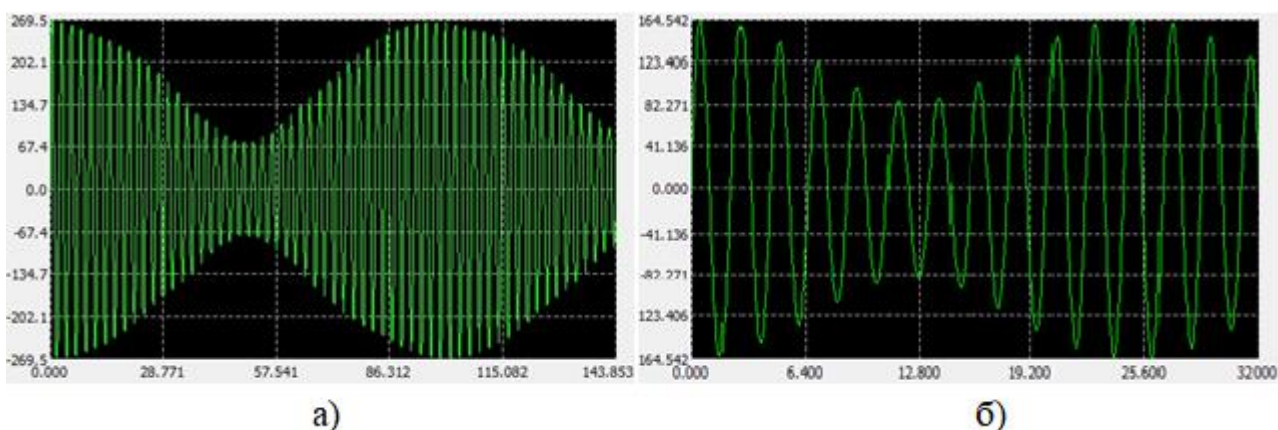


Рисунок 1 – Результат наложения частотных составляющих:
а) 400 и 410 МГц; б) 450 и 490 МГц

Таким образом, использование инструментальных средств измерений и разработанного программного обеспечения позволяет получать характеристики результирующих электромагнитных колебаний и визуально представлять процесс наложения составляющих электромагнитного поля на каждом этапе расчета и использовать при оценке электромагнитной

обстановки в помещениях с размещенными в них излучающими источниками.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Маслов М.Ю., Сподобаев Ю. М., Сподобаев М.Ю. Обоснование предметной области электромагнитной безопасности // Электросвязь. 2018. № 11. С. 63-67.
2. Титов Е.В., Сошников А.А., Васильев В.Ю., Соловской А.С. Компьютерное моделирование наложенных электромагнитных волн от источников электромагнитного поля в широком диапазоне частот // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (209). С. 102-108.
3. Крюков А.В., Черепанов А.В., Крюков А.Е. Определение электромагнитных влияний высоковольтных ЛЭП и тяговых сетей на трубопроводы // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2020. № 9. С. 62-72.
4. Titov E.V., Soshnikov A. A., Migalev I.E. Computer Imaging of Electromagnetic Environment in Air Space with Industrial Electromagnetic Field Sources in Conditions of Combined Influence of EM Radiation // Journal of Electromagnetic Engineering and Science. 2022. № 22(1). P. 34-40.
5. Никитина В.Н., Калинина Н.И., Ляшко Г.Г. Новые санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах // Труды Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. 2019. № 5(5). С. 62-65.

РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПРИ ИСКАЖЕНИИ ПОТЕНЦИАЛА НУЛЕВОГО ПРОВОДА

Петрова Арина Сергеевна, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта»,
e-mail:petrovaarina@mail.ru

Научный руководитель – Компанец Борис Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail:komrbs@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрены случаи исполнения нулевого проводника уменьшенным и увеличенным сечением относительно фазных. Приведены результаты математического моделирования, представленные в виде графиков. Обосновано влияние устройства стабилизации на регулирование напряжения потребителей в сети 0,4кВ. Дается сравнение при неравномерных нагрузках сети, а именно: активная, активно-индуктивная, активно-емкостная. Для каждого случая неравномерных нагрузок описаны выводы.

Ключевые слова: электрическая сеть, нулевой проводник, устройство стабилизации, нагрузка, емкость.

В сетях 0,4кВ преобладает однофазная нагрузка, соответственно равномерно они распределиться не могут. Неизбежно будет возникать неравномерное распределение нагрузок по фазам, что будет искажать напряжение в трехфазной электрической сети.

При строительстве сетей 0,4кВ возможно исполнение нулевого проводника уменьшенным сечением относительно фазных. К тому же со временем происходит ухудшение состояния повторного заземления, что также приводит к увеличению результирующего сопротивления токам нулевой последовательности [1].

Рассмотрено влияние повышения сопротивления токам нулевой последовательности на регулировании напряжения потребителей. При равномерной симметричной нагрузке напряжение не меняется, влияние повышения сопротивления не оказывается, так как токов нулевой последовательности не имеется.

Существенное влияние возникает при неравномерной нагрузке, результаты моделирования представлены на рисунках 1-3.

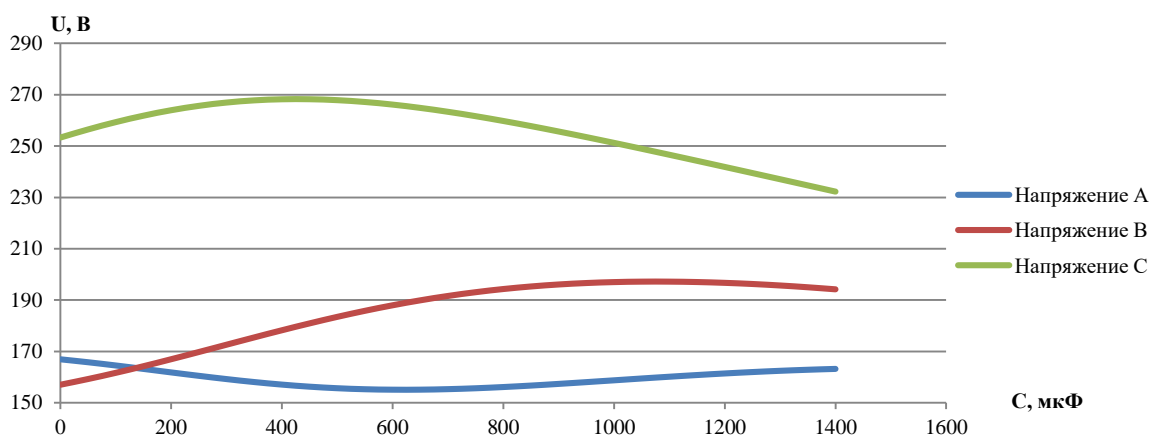


Рисунок 1 – Зависимость напряжения от емкости при активной нагрузке двух фаз, для случая с увеличенным сопротивлением нулевого провода

В случае активной нагрузки двух фаз на фазе А происходит проседание напряжения от 168 В до 153 В при значении емкости 600 мкФ, что существенно отличается от нормы. При той же емкости на фазе В напряжение увеличивается от 160 до 198 В. Из графиков видно несколько точек перегиба, это вызвано влиянием других фаз, искажением нулевого проводника.

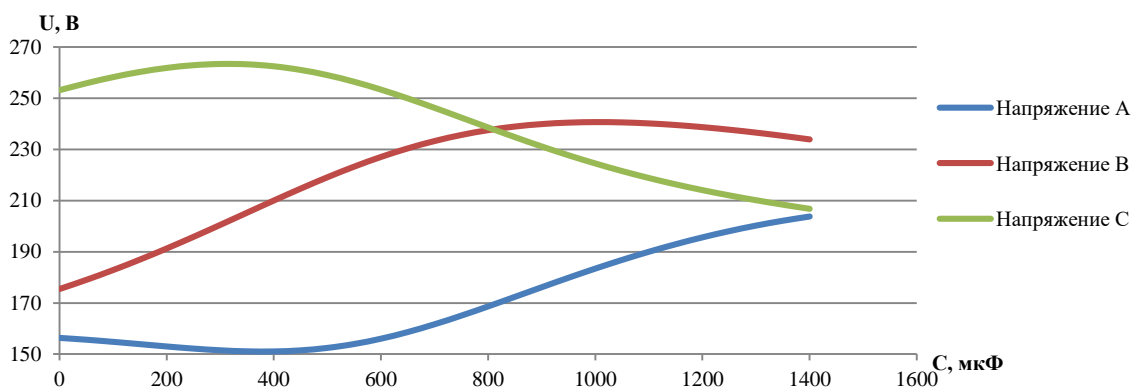


Рисунок 2 – Зависимость напряжения от емкости при активно – индуктивной нагрузке двух фаз, для случая с увеличенным сопротивлением нулевого провода

При активно-индуктивной нагрузке двух фаз происходит изменение напряжения на всех фазах. На фазе А напряжение поднимается от 155 до 207 В, резкий скачок при значении емкости 400 мкФ. Фаза В – от 175 до 240 В, фаза С не нагружена и имеет иной характер – напряжение опустилось с 253 до 207 В. Индуктивная неравномерная нагрузка фаз искажает потенциал нулевого проводника, поэтому идет завышение напряжения на фазе С без компенсации. При определенном диапазоне регулировки возможно снижение потенциала нагруженной фазы, в дальнейшем происходит выравнивание.

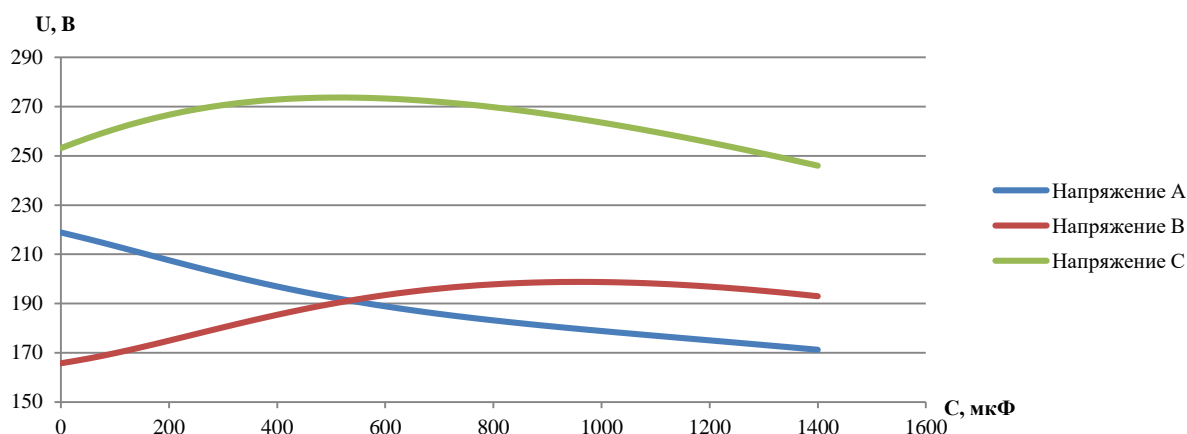


Рисунок 3 – Зависимость напряжения от емкости при активно-емкостной нагрузке двух фаз, для случая с увеличенным сопротивлением нулевого провода

В случае активно-емкостной нагрузки менее резкий характер спада и подъема напряжения. Напряжение на фазе А уменьшилось с 218 до 170 В при применении компенсации, а на фазе В увеличилось с 168 до 200 В, начиная со значения емкости 200 мкФ.

Также возможен обратный случай – это идеальное исполнение электрической сети с качественным повторным заземлением линии. В этом случае эффективное сопротивление током нулевой последовательности будет, значительно снижено. При активной нагрузке происходят не сильные изменения напряжения, фазы А и В находятся в одном диапазоне от 170 до 180 В, пик приходится на значения емкости 750 мкФ. В случае активно - индуктивной нагрузки при уменьшенном сопротивлении нулевого провода существенно сказывается на показателях напряжения. Фазы А и В находятся на одном уровне, при значении емкости 800 мкФ напряжение фазы В становится больше на 10 В и достигаются значения 200 и 210 В соответственно. При активно - емкостной нагрузке от 600 мкФ уменьшается значение напряжения: на фазе А – с 210 до 185 В, на фазе В – с 200 до 185 В.

Неравномерные нагрузки создают существенное влияние на отклонение напряжения потребителей по причине искажения потенциала нулевого проводника и падения напряжения в самой питающей линии. В действующих электрических сетях 0,4 кВ помимо широкого распространения однофазных нагрузок влияние будет оказывать неравномерность их распределения вдоль длины линии, что в свою очередь будет создавать участки нулевого проводника с различными значениями и фазовым сдвигом тока и еще более усложнять картину регулирования напряжения в электрической сети [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Левин М.С. Качество электроэнергии в сетях сельских районов./ М.С. Левин, А.Е. Мурадян, Н.Н. Сырых; Под ред. акад. ВАСХНИЛ Н.А. Будзко. - Москва: Энергия, 2005. -224 с. – Текст: непосредственный.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи [Текст]: Учебник: [для студентов высших учебных заведений технического профиля] / Л.А. Бессонов. – Москва: Гардарики, 2000. 435 с. – Текст: непосредственный.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В РЕЖИМЕ ПЕРЕГРУЗКИ ЛЭП

Постоянкова Ксения Юрьевна, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail:PostoyankovaK@mail.ru

Научный руководитель – Компанец Борис Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail:kompbs@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Единая Энергетическая Система является совокупностью энергетических объектов, которая охватывает множество энергорайонов с высокими уровнями генерации и потребления электроэнергии, связанных между собой сетью линий. Поддержание бесперебойной работы элементов энергосистемы является очень важной и ответственной задачей. В современной электроэнергетике наибольшую актуальность имеют своевременное предупреждение и ликвидация перегрузок сетевых элементов. Вынужденный режим или режим перегрузки линии электропередач по активной мощности является одним из наиболее сложных режимов диспетчерского управления энергосистемы. Автоматизация технологических процессов, связанных с устранением перегрузок оказывает большое влияние на развитие данной отрасли.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, нечеткая логика, регулирование напряжения под нагрузкой, автоматизация, переток активной мощности

В настоящее время практически отсутствуют автоматизированные системы управления перетоком мощности в заданных пределах при перегрузке по активной мощности линии электропередач. Согласно СТО 59012820.27.010.004-2020, регулирование возлагается либо на диспетчеров энергосистемы, либо, при достижении предельно допустимых значений, осуществляется средствами противоаварийной автоматики, производящими отключение части потребителей. Поэтому расширение арсенала средств автоматического управления за счет использования новых технических решений по управлению перетоком активной мощности в режиме перегрузки является актуальной задачей.

В научной среде ведется постоянная работа над возможностью выработки технических решений по ликвидации перегрузок. Одним из путей ликвидации является использование регулирующего эффекта нагрузки в качестве источника информации для формирования управляющих воздействий [1]. А именно, изменять напряжение в сторону, приводящую к снижению перетока мощности по загруженному элементу сети. Для эффективной выработки команд на изменение напряжения необходимо своевременно получать данные о статических характеристиках нагрузки [2].

Статические характеристики нагрузки (СХН) представляют собой отражение свойств изменения параметров режима при медленно изменяющемся напряжении. СХН имеют регулирующий эффект нагрузки, численным отражением которого является коэффициент регулирующего эффекта нагрузки. Численно коэффициент регулирующего эффекта нагрузки представляет собой отношение: $\Delta P/\Delta U$ [3]. На сегодняшний день известна методика контроля изменения СХН разработанная в АлтГТУ в рамках научных исследований, опираясь на которую можно разработать устройство мониторинга изменений СХН. Посредством данной методики была создана специальная программа «Идентификатор СХН», которая использована в синтезируемой системе [4].

В процессе разработки автоматизированной системы управления перетоком активной мощности в вынужденном режиме (АСУП), основные положения проверялись в программном комплексе математического моделирования Matlab со встроенным пакетом FuzzyLogicTollbox. В качестве нечёткого алгоритма был выбран алгоритм Мамдани, поскольку он наглядно представляет все используемые величины [11]. На рисунке 1 представлена функциональная структурная схема системы. В основе системы лежит нечёткий регулятор, который имеет 4 входных параметра: «Напряжение» - X_U , «Активная мощность» - X_P , «Положение ступени РПН» - X_A , «КРЭН» - X_K , и выходной параметр: «Управление РПН» - $Y_{\text{рпн}}$. Входные параметры X_U , X_P , X_A , поступают в систему при обработке данных с АСУП. X_K поступает с технического устройства «Идентификатор СХН». Управляющее воздействие направляется на объект управления: РПН.

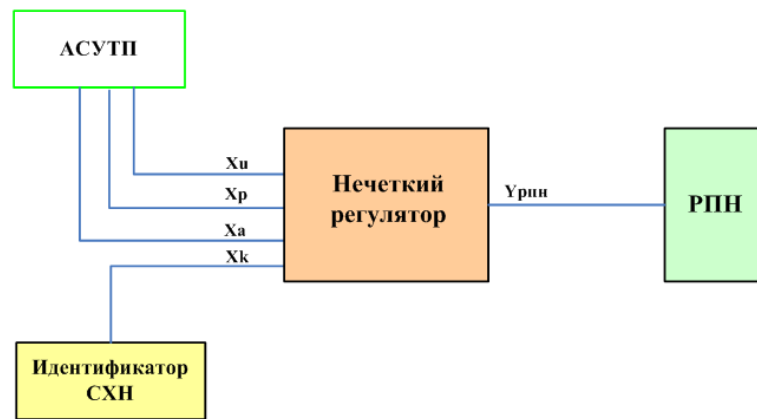


Рисунок 1- Функциональная структурная схема системы

Работа нечёткого регулятора состоит из трёх основных этапов:

1. фаззификация – преобразование численного значения входной переменной в функцию принадлежности соответствующего ей терма лингвистической переменной;
2. лингвистические заключения – блок принятия системой логических заключений;
3. дефаззификация – преобразование нечеткого множества в четкое число.

Взаимосвязь между входными параметрами и управляющим воздействием формируется на основе базы правил. База правил представляет собой конечное множество правил, согласованных относительно используемых в них лингвистических переменных. Формирование базы правил основывается на следующих логических условиях:

- управляющее воздействие в режиме недогруза вырабатывается исходя из уставки по напряжению, то есть АРПН поддерживает заданную величину напряжения.
- в вынужденном режиме управляющее воздействие вырабатывается исходя из уровня перетока активной мощности, с учетом регулирующего эффекта нагрузки. При этом после переключения РПН должно быть снижение перетока мощности. При номинальном значении перетока активной мощности управляющий сигнал на РПН поступать не должен [5].

База правил представляет собой структурированный текст вида:

Правило 1_ЕСЛИ «Напряжение = Среднее (М)» И Мощность = Среднее (М) И «Положение отпайки РПН = N» ТО «Управление = Стоим» Правило 27_ЕСЛИ «Мощность = Большое (Р)» И «РКН = Положительное (Р)» И «Положение отпайки РПН = Большое Р» ТО «Стоим». База, сформированная для автоматической системы, представлена в таблице 1

Для проверки адекватности разработанной АСУП была проведена апробация её на тестовых режимах работы узла. В моделях были использованы паспортные данные реального силового трансформатора АТДЦТГН-63000/220/110/10. На рисунке 2 рассмотрен случай, когда мощность находится в режиме перегрузки (45 МВт), ниже нормального напряжение снижено (109 кВ), отпайка РПН занимает положение 19, а регулирующий коэффициент нагрузки положительный (0,8). Исходя из этого, на выходе мы получим сигнал на снижение напряжения, то есть положение отпайки РПН переключается на более высокое положение. Мощность снизилась на 0,8 МВт. При переключении на 7 ступеней, то есть с 19 на 12 переток мощности становится номинальным.

Выводы

Внедрение нечеткого регулирования является современным способом автоматического управления перетоком мощности. Разработанная система автоматического управления перетоком активной мощности режиме работает логически верно. Созданная система позволяет снижать переток активной мощности без участия оперативного персонала и отличается возможностью легкого расширения входных параметров. Это позволяет предотвращать отключение потребителей и разгружать линию.

Таблица 1 – База правил

№	U	P	Kp	Положение отпайки РПН	Управление		№	U	P	Kp	Положение отпайки РПН	Управление	
					РПН	РПН						РПН	РПН
1	M	M	-	N	0 (стойм)		15	N	M	-	P	U↑ (вниз)	
2	P	M	-	N	U↓ (вверх)		16	M	N	-	P	0 (стойм)	
3	N	M	-	N	U↑ (вниз)		17	P	N	-	P	0 (стойм)	
4	M	N	-	N	0 (стойм)		18	N	N	-	P	U↑ (вниз)	
5	P	N	-	N	U↓ (вверх)		19	-	P	N	N	0 (стойм)	
6	N	N	-	N	0 (стойм)		20	-	P	N	M	U↑ (вниз)	
7	M	M	-	M	0 (стойм)		21	-	P	N	P	U↑ (вниз)	
8	P	M	-	M	U↓ (вверх)		22	-	P	M	N	0 (стойм)	
9	N	M	-	M	U↑ (вниз)		23	-	P	M	M	0 (стойм)	
10	M	N	-	M	0 (стойм)		24	-	P	M	P	0 (стойм)	
11	P	N	-	M	U↓ (вверх)		25	-	P	P	N	U↓ (вверх)	
12	N	N	-	M	U↑ (вниз)		26	-	P	P	M	U↓ (вверх)	
13	M	M	-	P	0 (стойм)		27	-	P	P	P	0 (стойм)	
14	P	M	-	P	0 (стойм)								

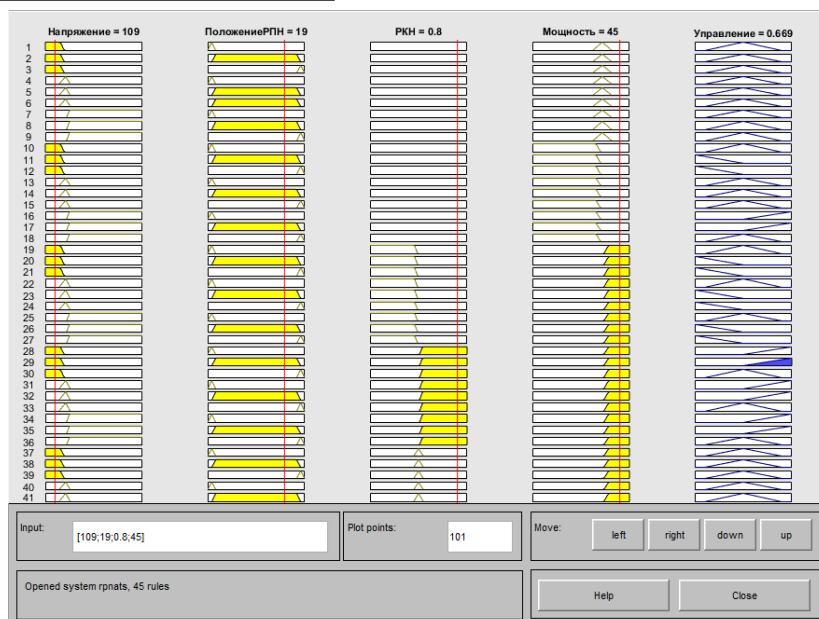


Рисунок 2 - Пример работы системы

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петров В.В. Разработка методик управления транспортом электроэнергии в пределах заданной пропускной способности сетевых элементов: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02. - Самарский гос. техн. университет, Красноярск, 2019 - 157 с.
2. Буслов В.В., Чемборисова Н.Ш. Влияние статических характеристик современных видов нагрузки на режимы работы электрических сетей // Вестник Московского энергетического института. – 2021. – № 2. – С. 20-28.
3. Нигаматуллин Р.М., Газизова О.В., Малафеев А.В. Исследование влияния регулирующего эффекта нагрузки на уровень напряжения питающей подстанции с учётом мощности короткого замыкания энергосистемы // Электротехнические системы и комплексы. – 2020. – № 2 (47). – С. 19-25.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Сопоставление и анализ статических характеристик нагрузки №2021616764 от 28 апреля 2021 года» / Полищук В.И., Панкратов А.В., Бацева Н.Л., Шувалова А.А.
5. Петров В.В., Баратова К.В., Полищук В.И. Способ обеспечения допустимого сальдо-перетока мощности в контролируемом сечении // Сборник «Актуальные вопросы энергетики» Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Омск. – 2020. – С. 70-74.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Пуляева Ольга Юрьевна, студент кафедры «Электрификация производства и быта»,
e-mail:pulyaeva.03@mail.ru

Научный руководитель – Соловской Александр Сергеевич, ассистент кафедры ЭПБ,
e-mail:solovskoyas@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрены типы волоконно-оптических кабелей для распределенного мониторинга воздушной линии электропередачи. Представлены преимущества и недостатки внедрения таких кабелей в эксплуатацию. Системы для мониторинга на основе оптического волокна активно развиваются и совершенствуются, однако для внедрения их в работу необходимо решить ряд проблем, и провести цикл соответствующих испытаний.

Ключевые слова: *распределенный оптический мониторинг, волоконно-оптический кабель связи, ОКГТ, акустический мониторинг, ОКФП.*

Воздушная линия электропередачи является важным элементом в передаче электроэнергии. Однако из-за таких факторов как атмосферное перенапряжение, воздействие погодных условий нередко возникают аварийные ситуации, которые приводят к перебоям в электроснабжении или же к выходу из строя линии и оборудования. Поэтому важно своевременно обнаружить проблему и предпринять необходимые меры по её устранению, так как повышение надежности снабжения электроэнергией является важной частью развития электроэнергетики России.

Повышение надежности электроснабжения и снижение аварийных ситуаций может быть достигнуто с помощью распределенного оптического мониторинга ЛЭП и опор. Для оценки, отслеживания и прогноза необходимых данных целесообразно вводить в эксплуатацию волоконно-оптический кабель связи (ВОЛС). Оптическое волокно используется не только как линия передачи данных, но и как протяженный чувствительный элемент, восприимчивый к изменениям различных величин. Для этого используют специальные устройства с лазерным источником, которые посылают импульсы в оптическое волокно и на основе анализа обратного рассеяния позволяют анализировать полученные данные и принимать дальнейшие решения. Оптическое волокно присутствует в виде различных оптических кабелей. Это самонесущие оптические кабели (ОКСН), оптические кабели, встроенные в грозозащитный трос (ОКГТ) и оптические кабели, встроенные в фазный провод (ОКФП) [1].

Мониторинг состояния линии передачи, основанный на технологии измерения оптического волокна, в основном включает онлайн-мониторинг температуры, деформации, вибрации и повреждения в любой точке волокна. Преимуществами волоконно-оптических датчиков являются: импульсы тока в силовой сети не искажают сигнал, устойчивость к химическим и механическим воздействиям, выносливость в широком диапазоне температур [2].

Поскольку оптическое волокно не подвержено воздействию электромагнитных полей, то его можно соединить с грозозащитным тросом, решая при этом две задачи одновременно – повысить грозоупорность ВЛ и осуществить функции кабеля связи. Более того, если на ВЛ организована плавка гололеда, то оптические волокна, могут выступать в качестве распределенных датчиков системы измерения температуры вдоль ОКГТ. При использовании в составе ОКГТ волокна для мониторинга деформации, он способен определять не только начало гололедообразования, но и иные ненормативные действия на отдельных участках с точностью до нескольких метров. Что позволяет вовремя предотвращать любые аварийные ситуации. Также с помощью оптического волокна, встроенного как в грозозащитный трос, так и в фазный провод, можно производить контроль состояния изоляторов. Для этого используется система акустического мониторинга. Волокно выступает в качестве микрофона и слышит характерный треск изоляторов [3].

Двухлетний мониторинг состояния линий электропередач и опор на основе технологий распределенного оптического волокна проведен на реальных воздушных линиях элект-

тропередач длиной 4 км в провинции Китая. Вся система мониторинга была разделена на три части. Это измерение галопирования линии передачи на основе фазового рефлектометра, распределенное измерение температуры линии передачи на основе рассеяния Рамана и измерение деформации опоры на основе решетки Брэгга. Результаты испытаний в режиме реального времени показывают целесообразность использования технических возможностей системы. Изменение температуры системы электропередачи, а также динамическая деформация конструкции опоры, вызванная галопом, контролируются подсистемами фазового рефлектометра и Бреговской решеткой соответственно и взаимно проверяются [4]. Также предприятием «Инкаб», сфера деятельности которого связана с производством оптического кабеля и переработкой оптического волокна, проведены испытания с помощью акустического мониторинга по ОКГТ, показывающие локализацию места удара молнии и ее последующее устранение (рисунок 1) [2].

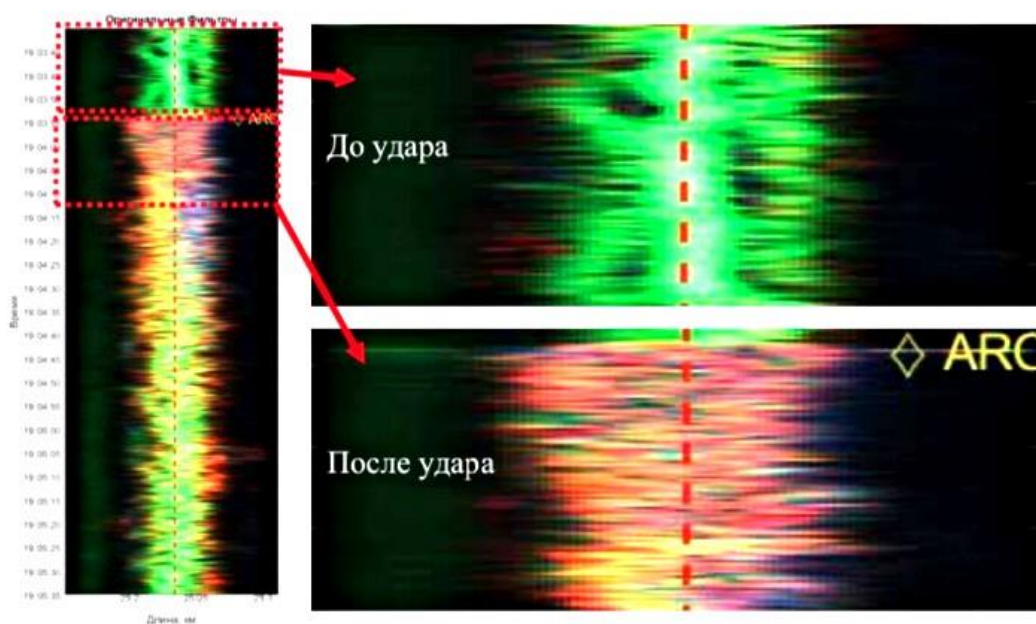


Рисунок 1 – Виброакустическая картина локализации места удара молнии

Однако существует ряд факторов, которые определяют сдерживания развития данных технологий. Сюда относятся: отсутствие достаточно подробных регламентов и норм по проектированию, монтажу и эксплуатации, отсутствие интеграторов, обладающих полным набором компетенций, а также технических возможностей и т.д.

Необходимо подчеркнуть тот факт, что технологии распределённого мониторинга в развитых странах получило широкое применение. Однако зарубежные компании, обладающие технологиями производства, отказывают в предоставлении информации, документации по политическим причинам. Например, Китайская компания «ZTT» имеет большой опыт реализации проектов на основе ОКФП в Китае на ЛЭП 10-500 кВ. Однако данная информация и технологии реализации этих проектов не являются открытыми. Поэтому единственно возможным вариантом является создание полностью отечественных разработок, отвечающих намеченному курсу на импортозамещение, особенно в высокотехнологичных и стратегически важных сферах.

Технологии строительства ВОЛС-ВЛ, а также выбор кабеля и комплектующих это непростое и нелегкое дело, требующее серьезного как технического, так финансово-экономического анализа. Тем не менее, применяя волоконно-оптический кабель для мониторинга воздушных линий электропередачи, это помогает решить сразу три задачи: мониторинг, передача данных и цифровизация.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сабинин Н.К. Опыт строительства ВОЛС на ВЛ электропередачи. Проблемы и решения // Фотон-экспресс. 2012. № 2(98). С. 30-31.
2. Некрасов А.В. Системы распределенного контроля температуры на ВОЛС-ВЛ // Автоматизация в промышленности. 2015. № 11. С. 34-35.
3. СТО 56947007-33.180.10.174-2014. Оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос, натяжные и поддерживающие зажимы, муфты для организации ВОЛС-ВЛ на линиях электропередачи напряжением 35 кВ и выше. Общие технические условия. Москва, 2014, 42 с.
4. K. Xie, Y. Zhao, H. Zhang, Z. Zhao and et al. Practice of optical fiber sensing technologies in power transmission lines and towers // 2018 International Conference on Power System Technology (POWERCON)/. 2018, P. 3912-3918. DOI: 10.1109/POWERCON.2018.8601953.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Соловской Александр Сергеевич, аспирант кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail:solovskoyas@mail.ru

Научный руководитель – Титов Евгений Владимирович, д.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник, e-mail:888tev888@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрены особенности математического моделирования электромагнитной обстановки, а также исходные данные для моделирования. Изучены подходы к решению системы уравнений Максвелла при использовании численных методов. Представлены особенности моделирования электромагнитной обстановки при использовании метода конечных разностей во временной области (FDTD) и метода конечного интегрирования (FIT). Предложена усовершенствованная методика оценки опасности электромагнитной обстановки с учетом дополнительных параметров.

Ключевые слова: электромагнитное поле, электромагнитная обстановка, метод конечного интегрирования, дозиметрический параметр, мощность поглощенной дозы (SAR).

В последние несколько десятилетий наблюдается экспоненциальный рост технологий в области телекоммуникаций, а также переход от стационарных телефонов к мобильным, при этом увеличение количества излучающих источников будет продолжаться в связи с появлением новых интерактивных приложений, внедряемые в повседневную жизнь. Электромагнитный спектр охватывает широкий диапазон частот, начиная от низких частот (линии электропередач), радио и видимого света, и заканчивая высокими частотами, такими как рентгеновское и гамма-излучение. В связи с вышесказанным, возникает вопрос о возможном биологическом воздействии на биологические объекты. Когда электромагнитные волны переходят из одной среды в другую, волны могут отражаться, преломляться, передаваться или поглощаться биотканями в зависимости от проводимости биологического объекта, подвергающегося воздействию, а также мощности и частоты излучающего источника [1].

Для оценки опасности электромагнитной обстановки (ЭМО) используются результаты моделирования электромагнитных полей (ЭМП) с учетом характеристик излучающего источника. Начальными данными для моделирования ЭМО являются результаты измерений параметров ЭМП в расширенном до 3 ТГц диапазоне частот от излучающих источников, с учетом термографирования источников ЭМП, спектрального анализа, а также наложения электромагнитных волн. При этом также должны учитываться геометрические характеристики объектов и электротехнические свойства каждого материала в контролируемом пространстве [2].

Основой вычислительной электродинамики применительно к моделированию ЭМО на объектах агропромышленного комплекса являются уравнения Максвелла [2].

Выходными данными модели является трехмерная матрица чисел, содержащая распределение значений установленного параметра в пределах контролируемого объекта либо система матриц, включающих одновременно несколько параметров [3]. Для анализа всех нормируемых частотных диапазонов электромагнитного поля необходимо в качестве результата моделирования использовать матрицы для каждой составляющей ЭМП или исследуемой частоты (при наличии одной частотной составляющей), включая внутри-диапазонные значения [2].

Современный подход к решению системы уравнений Максвелла заключается в использовании численных методов. При этом наиболее применяемыми методами расчета, которые позволяют моделировать электромагнитную обстановку, являются метод конечных разностей во временной области (FDTD) и метод конечного интегрирования (FIT). Обладая широкими возможностями, для FDTD метода характерна ограниченность расчетного объема моделируемого пространства. Решение данной проблемы производится за счет задания искусственных граничных условий, которые могут привести к искажению моделируемой картины ЭМО [3]. Отличительной особенностью FIT метода является возможность расчета нескольких материалов в одной ячейке вычислительной сетки, что позволяет уменьшить количество необходимых для моделирования ячеек и сократить длительность вычислительных операций по формированию электромагнитных портретов по сравнению с методом конечных разностей во временной области.

Таким образом, оценку опасности ЭМО с учетом совокупности влияющих факторов предлагается проводить с использованием метода конечного интегрирования, представляющей собой преобразование уравнений Максвелла в интегральной форме. Метод FIT позволяет проводить расчет статических задач и расчеты в частотной и временной областях [3]. Согласованность FIT гарантируется за счет сохранения соотношений между различными интегралами в уравнениях Максвелла, например, сохранением векторного аналитического соотношения, что отличает метод конечного интегрирования от многих других возможных методов дискретизации уравнений Максвелла. Это свойство дает возможность проверить численное решение на единственность и точность.

Математическое моделирование с использованием FIT метода предлагается усовершенствовать за счет ввода дополнительных параметров ЭМП [4]:

1. Мощность поглощенной дозы (SAR) – энергетический параметр ЭМП, характеризующий степень поглощения энергии ЭМП биотканями;
2. Плотность электрического тока характеризует изменяющиеся во времени параметры ЭМП, например, меняющееся во времени магнитное поле, которое способствует протеканию тока в биологических тканях;
3. Удельная поглощенная энергия (SA) – энергия, поглощаемая биологическими тканями, при воздействии ЭМП радиочастотного диапазона (как и SAR).

Алгоритм моделирования ЭМО методом конечного интегрирования представлен на рисунке 1 [3].



Рисунок 1 – Блок-схема моделирования электромагнитной обстановки методом конечного интегрирования

Компьютерное моделирование ЭМО предлагается проводить в программном обеспечении, основанное на использовании метода конечного интегрирования – CSTMicrowaveStudio (CSTMWS). Основными преимуществами при использовании CSTMWS являются сниженная длительность вычислительных операций, возможность реализации гибридного способа моделирования, формирования моделируемых объектов сложной структуры, а также симуляция электромагнитных процессов во временной и частотных областях [3].

Для совершенствования подхода оценки опасности ЭМО на этапе компьютерного моделирования необходимо проводить корректирование напряженности электрического или магнитного полей с учетом характеристик излучающих источников. Так, напряженность электрического поля в зависимости от мощности излучающего источника определяется как

$$E_d = \frac{\sqrt{30P_0}}{r} \quad (1)$$

где E_d – действующее значения напряженности электрического поля источника ЭМП;

P_0 – мощность излучающего источника, Вт;

r – расстояние от контролируемой точки до источника, м.

Таким образом, совершенствования подхода оценки опасности ЭМО связано с использованием на этапе математического моделирования метода конечного интегрирования с учетом дозиметрических параметров ЭМП, а также при компьютерном моделировании проводить корректировку составляющих ЭМП в зависимости от технических характеристик излучающих источников.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рубцова Н.Б., Перов С.Ю., Белая О.В., Шпиньков В.И. Гигиеническая оценка электромагнитных полей, создаваемых перспективными образцами энергетических установок // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101, № 10. С. 1190-1194. DOI 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1190-1194.

2. Титов Е.В., Соловской А.С., Васильев В.Ю. Обоснование выбора зон контроля составляющих электромагнитного поля на поверхности излучающих источников //

VestnikBashkirStateAgrarianUniversity. 2021. № 4(60). С. 120-124. DOI 10.31563/1684-7628-2021-60-4-120-125.

3. Титов Е. В., Мазур Д. Р. Анализ способов компьютерного моделирования электромагнитного поля на объектах с излучающими источниками // Актуальные вопросы энергетики: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Омск, 14–15 мая 2021 года / Редколлегия: П.А. Батраков (отв. ред.) [и др.]. Омск: Омский государственный технический университет, 2021. С. 188-191.

4. Соловской А.С., Васильев В.Ю., Титов Е.В. Методика контроля электромагнитной обстановки с учетом дополнительных энергетических параметров // Ползуновский альманах. 2022. Т. 2, № 2. С. 91-93.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БПЛА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Татур Игорь Эдуардович, студент кафедры «Электрификации производства и быта»,
e-mail: igortacher17@mail.ru

Научный руководитель - Компанец Борис Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail: kompbs@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им.И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной работе рассматривается процесс диагностики линий электропередач. Проводится анализ целесообразности развития технологии диагностирования с помощью БПЛА объектов электроэнергетического комплекса, выделены преимущества применения нового метода диагностики и перспективы его развития, а так же проведена оценка затрат на внедрение для электросетевой организации.

Ключевые слова: воздушная линия электропередач, БПЛА, диагностика электрооборудования.

Известный факт, что от количества и качества получаемой информации о состоянии ЛЭП можно судить о надежности электроснабжения того или иного района, а также региона в целом. Для получения актуальной информации о состоянии ЭУ, в частности ЛЭП, которые имеют достаточно большую протяженность в нашей стране, персонал обслуживающий ЛЭП производит регулярные осмотры оборудования. Производится оценка персоналом состояния конструкций опор, вязки проводов, состояние изоляторов и т.д. Полученная информация систематизируется с привязкой к географическому положению ЛЭП, фиксируются отклонения от норм технической эксплуатации линии, анализируется состояние охранной зоны. Традиционные методы осмотров в настоящее время – это пешие осмотры и осмотры с использованием различного транспорта.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) постепенно внедряются во все возможные сферы жизни человека. БПЛА – это летательный аппарат без экипажа на борту [1]. БПЛА может быть управляемым дистанционно или же полностью автоматическим. Непосредственно в электроэнергетике БПЛА с каждым годом получают все большую значимость

Сейчас происходит внедрение в деятельность сетевых компаний Системы интеллектуальной диагностики энергообъектов (СИДЭ). Она автоматизирует процесс выявления дефектов изоляторов, что помогает не допускать аварийных ситуаций и оптимизировать ремонт за счет предиктивного обслуживания оборудования.

Существует проблема по некачественному и ошибочному, с точки зрения технических средств, выявлению дефектов в распределительных сетях 0,4- 35кВ и выше. То есть БПЛА определяет дефект там, где его нет.

В новой технологии распознавания дефектов используются фотографии и видео, получаемые с помощью беспилотников, управляемых сертифицированными пилотами. Полет БПЛА осуществляется в 4 пролета вдоль ЛЭП с 80% перекрытием. Каждая точка на снимке имеет 12 кратное перекрытие [2]. Для увеличения скорости работ можно использовать сразу 2 беспилотника. Полученные снимки загружаются в фотограмметрическом ПО, где сшиваются в единый фотоплан. Обрабатывает данные нейронная сеть. Результаты осмотра загружаются в систему для дальнейшего анализа состояния ЛЭП. Полу-

ченные фотоматериалы обрабатываются в автоматическом режиме с применением искусственного интеллекта.

Ресурсы искусственного интеллекта способны определять дефект с заданной вероятностью порядка 90% ,а также определять статус повреждения по 3 степеням – «Высокий», «Средний», «Низкий».

Благодаря использованию информационных систем удалось повысить эффективность работы в 7,5 раз, увеличить количество обрабатываемых объектов за единицу времени, сократить расходы на ГСМ, а также сократить трудозатраты сотрудников на сбор информации в среднем в 6 раз.

Также БПЛА позволяет снизить риски для жизни и здоровья электротехнического персонала при работе на высоте с объектами повышенной опасности и значительно уменьшить количество плановых отключений линий электропередачи.

Основные преимущества методологии диагностирования объектов с помощью БПЛА следующие:

- Большая дальность полёта (более 200км).
- Продолжительное время в полете (3 – 4 часа).
- Широкий диапазон рабочих высот (100 – 4000 м).
- Температура эксплуатации (от -30 до +30 °С).

В ходе проводимых обследований определены ряд преимуществ использования БПЛА, по сравнению с проведением верховых осмотров с подъемом на опору:

- Сокращение количества персонала. Оперирование БПЛА может проводится даже 1 человеком.

- Сокращение продолжительности обследования. При наличии необходимого числа элементов питания, проведение осмотра квадрокоптером значительно сокращает время обследования.

- Не требуется отключения обследуемой ВЛЭП.
- Формирование фотоархива в режиме высокой четкости 4К и сохранение фото и видеоархива с привязкой к конкретным единицам электрооборудования.

- Работа в труднодоступных местах. В местах пересечения с реками, оврагами, труднопроходимыми рельефами местности.

Перспективными направлениями в применении БПЛА являются:

- Применение навесного оборудования – тепловизора, оборудования для ультрафиолетового обследования элементов ВЛЭП.

- Построение математических моделей для автоматического определения высоты провиса провода и габарита до земли, конструкций и прочего.

- Применение для анализа ситуации при проведении аварийно-восстановительных работ (учений) в период нестабильной паводковой ситуации для определения мест повреждения и путей подъезда.

Стоимость оборудования комплекса БПЛА составляет около 1,2 млн. руб., стоимость фотограмметрического ПО для обработки от 200 тыс. руб., Аналитическое ПО - от 50 тыс. руб.[3].

Опыт и перспективы применения БПЛА для обследования ВЛЭП определяется положительно. Применение данного метода позволяет проводить обследования более качественно, при этом, не прекращая электроснабжения потребителей. Также перспективным направлением является интеграция модуля БПЛА в различные системы автоматизации, что позволяет на каждом этапе управлять заданиями на осмотр, и, анализируя результаты разрабатывать мероприятия по их устранению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беспилотные летательные аппараты / Справочное пособие. Воронеж. Издательство Полиграфический центр «Научная книга», 2015. 616 с. С. 43-56.

2. Российские Беспилотники [Электронный ресурс]
<https://russiadrone.ru/publications/primeneniye-letatelnykh-apparatov-razlichnykh-tipov-v-elektrosetevom-komplekse/> (дата обращения 09.04.23)
3. Связь Спецзащита / Энергетика [Электронный ресурс]
<https://rusdrone.ru/otrasli/energetika/> (дата обращения 09.04.23)

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ЕЕ ПЕРЕДАЧЕ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ

Косилов Семён Сергеевич, студент кафедры «Электрификация производства и быта»,
e-mail:kosilov.semen.serg@mail.ru; Фёфелов Илья Алексеевич, студент кафедры
«Электрификация производства и быта», e-mail:havok1003@mail.ru
Научный руководитель – Куликова Лидия Васильевна, д.т.н., профессор,
e-mail:liliavaskul@gmail.com

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Снижение потерь в электрических сетях - одна из наиболее актуальных проблем современной энергетики. Снижая потери, можно добиться улучшения качества электроэнергии и снижения её стоимости.

Ключевые слова: *потери в электрических сетях, снижение потерь электроэнергии, энергосбережение.*

Электроэнергия - один из важнейших ресурсов на планете в наши дни. Существование людей невозможно без топливно-энергетических ресурсов. Но ограниченность их запасов заставляет обращаться к энергосбережению как к одному из главных элементов развития нынешней экономики.

В нашей стране проблема энергосбережения стала актуальной сравнительно недавно. Для её решения принимаются различные законодательные акты, которые положительно влияют на развитие промышленно-энергетического комплекса Российской Федерации.

Несмотря на то, что для перемещения электроэнергии не используются других ресурсов, на эти цели тратится часть её самой. Поэтому невозможно избежать потерь электроэнергии. Для оптимизации потерь необходимо определить их экономически обоснованный уровень. Уменьшение потерь до этого уровня - одна из важнейших задач энергосбережения [1].

Потери электроэнергии - это разность между энергией, отпущенной предприятием-производителем, и энергией, полученной потребителем. Снижение этой разницы до допустимого уровня позволит направлять сэкономленные финансовые средства на улучшение других аспектов качества отрасли. Например, будет возможно улучшение технических качеств сетей за счёт нового оборудования, повышение оплаты труда работников, обслуживающих объекты энергетики, совершенствование процессов распределения и передачи электроэнергии, увеличение качества электроэнергии, и, немаловажно, уменьшение конечной стоимости электроэнергии.

Для того чтобы разработать и провести ряд мероприятий для понижения потерь, необходимо выполнить анализ структуры потерь электроэнергии [2].

Фактические потери включают в себя различные составляющие, такие как, имеющие чисто физический характер, потери в элементах сети, расход энергии на работу оборудования на подстанциях, погрешности показателей приборами учёта и, конечно же, хищение электроэнергии, её неполная оплата или полная неоплата показаний счётчиков.

Фактические потери разделяются на четыре составляющие:

1 – технические потери электроэнергии $\Delta W_{\text{Тех}}$. - они появляются из-за физических процессов в проводах и электрооборудовании, происходящих в момент передачи энергии по электрическим сетям.

2 – расход электроэнергии на собственные нужды подстанций $\Delta W_{\text{СН}}$, в этом случае она используется для обеспечения нормальной работы оборудования подстанций и жизнеде-

тельности персонала, обслуживающего подстанцию. Определение этого расхода производится по показаниям счётчиков на подстанции.

3 – инструментальные потери, потери, которые вызваны погрешностями измерений приборов учета $\Delta W_{\text{Инс}}$;

Сумму этих трёх составляющих можно определить как технологические потери (ΔW_{T}).

4 – коммерческие потери ($\Delta W_{\text{К}}$) – это потери, возникающие из-за хищения электроэнергии, несоответствия денежных сумм, полученных за электроэнергию с суммами, исходящими из показаний счётчиков бытовых потребителей и другими причинами в процессе организации контроля за потреблением энергии. Эти потери определяются как разница между фактическими и технологическими потерями [3]:

$$\Delta W_{\text{К}} = \Delta W_{\text{Ф}} - \Delta W_{\text{T}} = \Delta W_{\text{Ф}} - \Delta W_{\text{Тех}} - \Delta W_{\text{СН}} - \Delta W_{\text{Инс}}$$



Рисунок 1 - Структура фактических потерь

Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях – сложная комплексная проблема, требующая больших финансовых вложений, необходимых для оптимизации развития электрических сетей, совершенствования системы учёта электроэнергии, внедрения новых информационных технологий в энергосбытовой деятельности и управления режимами сетей, обучения персонала и его оснащения средствами поверки средств измерений электроэнергии и т. п.

Для того чтобы решить эту проблему необходимо производить анализ существующих эффективных способов снижения потерь в системах электроснабжения, осуществлять разработку расчётов по способам снижения потерь, составлять рекомендации по обоснованию необходимого оборудования, использование которого позволяет снизить потери электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Железко Ю.С., анализ и нормирование электроэнергии в электрических. – М.: НУ ЭНАС, 2002. – 280 с.

2. Воротницкий В.Э. Снижение потерь электроэнергии – стратегический путь повышения энергоэффективности сетей / В.Э. Воротницкий, В.В. Овсейчук, Г.А. Кутовой / Новости ЭлектроТехники. – 2015. - № 4.

3. Приказ от 30 декабря 2008 г. № 326 «Об организации в министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям» (в ред. Приказа Минэнерго РФ от 01.02.2010 № 36).

4. Воротницкий В.Э. Определение и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях на основе применения современных измерительных и управляющих систем / В.Э. Воротницкий, А.В. Севостьянов / Автоматизация и ИТ в энергетике. – 2013. - № 4. – С. 22-33.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СВЧ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК С КАМЕРАМИ ЛУЧЕВОГО ТИПА

Якель Дмитрий Евгеньевич, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта»,
e-mail:yakel.dmitry@yandex.ru

Научный руководитель – Васильев Валерий Юрьевич, ассистент кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail:vasilievvalerij@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

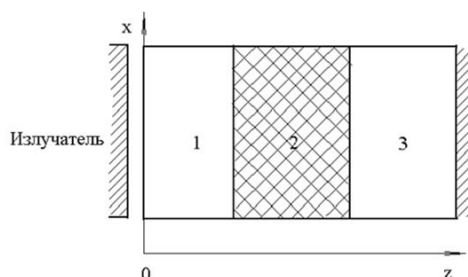
В работе представлены способы повышения энергетической эффективности СВЧ электротермических установок с камерами лучевого типа путем повышения равномерности нагрева и управления внутренними источниками тепла в объекте.

Ключевые слова: СВЧ, отражатели, диэлектрики, электромагнитное поле, камеры лучевого типа

Повышение энергетической эффективности термообработки диэлектриков является важным вопросом промышленного производства. Классические методы термообработки диэлектриков являются в меру энергозатратными. Уже было доказано, что СВЧ диэлектрический нагрев может составить конкуренцию классическим видам подведения энергии в некоторых отраслях промышленности, тем самым позволяя в несколько раз снизить энергопотребление и улучшить качество выпускаемой продукции [1, 2]. Основным преимуществом представленного СВЧ нагрева диэлектриков является быстрый нагрев диэлектриков из-за наличия внутренних источников тепла в нагреваемом объекте. Также помимо быстроты нагрева, достоинством является равномерность нагрева объекта [1, 2].

Как известно, при СВЧ термообработке количество выделяемой энергии внутри объекта, как правило, больше чем на поверхности. В такой ситуации, можно сказать о том, что поверхность объекта нагревается недостаточно неравномерно и при этом еще и повышаются энергозатраты. Эта проблема решается при управлении распределением источников нагрева в объекте [1, 2].

Рассмотрим эту задачу на примере нагрева плоского объекта в поле рупорного излучателя рисунок 1, расположенного в камере лучевого типа (КЛТ). Математическая формулировка этой задачи более подробно рассмотрена в [3, 4]. Металлическая стенка устанавливается на некотором расстоянии от объекта. В результате образуется стоячая волна, возникшая от отражений от границ воздух-среда и металл-воздух. Распределение напряженности этой волны в зависимости от расстояния от излучателя показано на рисунке 2.



1, 3 – воздух, 2 – обрабатываемый объект

Рисунок 1 – Распространение электромагнитной волны в многослойной среде

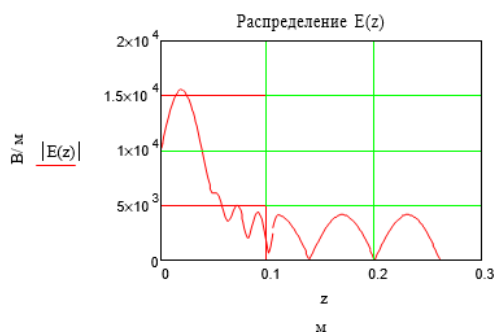


Рисунок 2 – Распределение напряженности электромагнитного поля внутри объекта

Менять распределение внутренних источников тепла можно изменением расстояния от металлической стенки до нагреваемого объекта, тем самым регулировать равномерность нагрева. Разброс изменений тепловыделения в таком случае будет равен половине длины волны. Существенная разница в распределении внутренних источников тепла будет отмечаться при расстояниях от отражателя кратных $\lambda/4$ где λ это длина волны в пространстве между отражателем и самим диэлектриком.

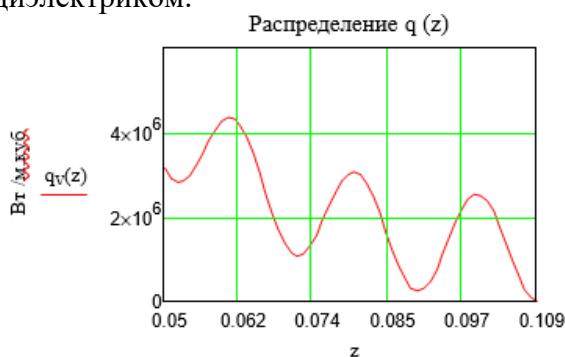


Рисунок 3 – Распределение мощности внутренних источников тепла по толщине диэлектрика при увеличенном расстоянии до отражателя на $\frac{\lambda}{4}$

В связи с этим, при проектировании СВЧ электротермических приборов лучевого типа можно реализовать управление внутренними источниками тепловыделения. Версия конструкции рабочей камеры периодического действия с плавной регулировкой до металлической стенки-отражателя представлен на рисунке 4. Устройством механизма перемещения нагреваемого объекта представлено в виде гидропривода.

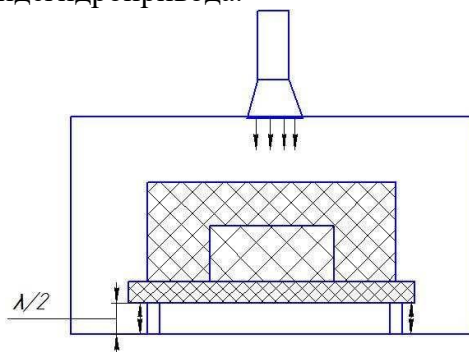


Рисунок 4 – Камера лучевого типа с изменяющимся расстоянием до отражающей поверхности (периодический режим работы)

Вывод.

Путем увеличения тепловыделения, мы можем добиться возрастания энергоэффективности термической обработки диэлектриков в СВЧ электромагнитном поле. С этой задачей эффективно справляются установки с камерами лучевого типа с возможностью плавного

регулирования расстояния от объекта до отражающей (металлической) стенки, а также регулирование расстояния от объекта до излучателей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Огурцов К.Н. Использование СВЧ диэлектрического нагрева для высокотемпературной обработки материалов [Электронный ресурс] / К.Н. Огурцов, Т.Ю. Дунаева // Материалы XV между-народной зимней школы-семинара по электронике сверхвысоких частот и радиофизике: тез. лекций и докл., г. Саратов, 6-11 февр. 2012 г./СГУ. Саратов, 2012.
2. Дунаева Т.Ю. Техничко-экономическое сравнение СВЧ- и тепловых сушилок зерна/Т.Ю. Дунаева, Ю.С. Архангельский //Радиотехника и связь: сб. науч. тр./СГТУ. Саратов, 2008.С.274-278.
3. Архангельский Ю.С. Камеры лучевого типа СВЧ электротехнологических установок/Ю.С. Архангельский, К.Н. Огурцов, Е.М. Гришина. Саратов: Издательский дом «Полиграфия Поволжья», 2010. 229 с.
4. Огурцов К.Н. СВЧ рабочие камеры для высокотемпературного нагрева диэлектриков/ К.Н. Огурцов// Вопросы электротехнологии.2013.№ 1.С.40-45.

АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Ярославцев Валерий Валерьевич, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:valeriy_yaroslavcev2020@mail.ru

Научный руководитель – Нефедов Сергей Федорович, к.т.н., e-mail:nfdv@inbox.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрены основные модули микроконтроллеров, решаемые задачи, а также проблемы, возникающие при выборе. На первый взгляд – микроконтроллеры ничем не отличаются друг от друга, кроме как количеством ножек и формой корпуса, но при этом внутри они содержат настолько сложную систему, что для их программирования необходимо располагать множеством данных. Микроконтроллеры имеют разный функционал, а также могут быть унифицированы под конкретную задачу.

Ключевые слова: микроконтроллеры, критерии выбора, память микроконтроллеров, аналого-цифровой преобразователь, широтно импульсная модуляция.

В настоящее время микроэлектроника начинает занимать все большее пространство на производствах, а также в повседневной жизни: системы управления освещением, измерительные системы, бытовую технику, развлекательную электронику, мобильные электронные устройства и др. В связи с огромным ассортиментом, возникает проблема выбора микроконтроллеров для конкретного решения по заданным параметрам. В данном случае это будет лабораторный стенд.

Следует отметить, что популяризация в вузах многих технических решений до некоторой степени отстаёт от современных информационных технологий. Конечно, учащиеся с физико-математическим складом ума должны хорошо ориентироваться и по бумажным материалам. Однако в XXI веке в информационную эпоху понимание протекающих процессов требует гораздо большей скорости усваивания информации. К тому же люди гораздо большее впечатление могут произвести наглядные материалы, представленные на интерактивном стенде. В этой связи выбор спецификации микроконтроллера является важной инженерно-технической задачей.

Сегодня микроконтроллеры позволяют решать практически любые задачи, в основе которых лежат логика и необходимость принятия решений. Интересной особенностью этих устройств является высокая конструктивная сложность, которая сочетается с универсальностью. Эта особенность привела к появлению специализированных языков программирования

и библиотек сопровождающего программного обеспечения для микроконтроллеров, которые по сути, во многом являются их неотъемлемой составляющей.

Микроконтроллеры имеют несколько основных частей, которые необходимы им для работы: ядро, память, питание, ножки для ввода/вывода сигнала, АЦП, ЦАП, ШИМ, таймер и др.

Рассмотрим критерии, чтобы разобраться – как выбрать.

1. Важным параметром микроконтроллеров является частота, с которой они работают. Чем больше частота, тем быстрее будут выполняться вычисления, но при этом также возрастает энергопотребление. Для синхронизации работы всего микроконтроллера используются таймеры, которые являются по своей сущности счетчиками.

2. Микроконтроллер во время своей работы должен выполнять какие-то функции, но без программы он не сможет этого сделать. Программа записывается у микроконтроллера на энергонезависимую память такую как: ROM, EPROM, EEPROM, Flash.

ROM – память, которую нельзя изменить электрически после изготовления. То есть в данном случае возможность перепрограммирования микроконтроллера невозможна.

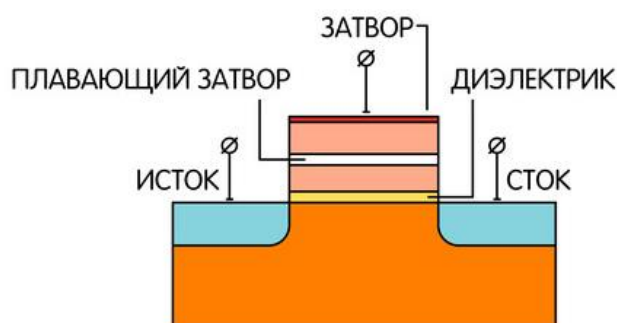


Рисунок 11 – МОП-транзистор с плавающим затвором

EPROM представляет собой МОП-транзистор, который программируется электрически. При помощи подачи напряжения на управляющий затвор происходит пробой между управляющим и плавающим затворами. При помощи ультрафиолета можно восстановить исходное состояние транзистора. Данные транзисторы производятся в керамическом корпусе с кварцевым окошком для ультрафиолета. В целях удешевления корпус делают без окошка, что приводит к невозможности перезаписи данных.

EEPROM также как и EPROM представляет собой МОП-транзистор, но при этом стирание памяти там происходит путем электрического соединения плавающего затвора с землей. Благодаря этому достоинству память EEPROM можно перепрограммировать многократно, но и ее стоимость при этом относительно EPROM будет значительно выше [1].

3. Архитектура, то есть компоновка микроконтроллера, может иметь решающее значение при выборе. В технической документации описываются все необходимые параметры, на которые необходимо обратить внимание. Данный микроконтроллер может иметь малое количество выводов для подачи сигналов, низкое количество регистров (8, 16, 32), или же большую потребляемую мощность, что приведет к снижению автономности в устройствах с ограниченным питанием [2].

4. Удобство при работе с микроконтроллером также является значительным аспектом.

Каждый производитель старается сделать свой микроконтроллер наиболее универсальным или унифицированным, в зависимости от цели. Поэтому при выборе приходится рассматривать набор функций, которыми можно будет оперировать, а также возможность выполнения параллельно нескольких операций.

Для программирования многих микроконтроллеров существуют библиотеки, которые значительно ускоряют решение задач. При сравнении один микроконтроллер может быть чуть лучше по функционалу, но не иметь удобной библиотеки для программирования, вслед-

ствие чего появиться необходимость тратить множество ресурсов для его отладки для решения проблемы [3].

В целом, при выборе микроконтроллера приходится рассматривать множество производителей, различные серии, среду программирования и др.

Подводя итог всему вышесказанному, можно сделать вывод. В зависимости от данных задач приходится рассматривать множество микроконтроллеров, которые в своей сущности мало чем различаются. Но стоит обращать внимание на отдельные модули. При необходимости выполнения большого функционала нужно много памяти для программы, для скорости выполнения операций, нужно будет больше оперативной памяти, для качества работы нужно хорошее ядро и таймер, обеспечивающий минимальную погрешность. Также стоит рассматривать количество выводов ввода/вывода, количество регистров, потребляемую мощность, тактовую частоту и др. параметры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тема 1.4. Типы памяти микроконтроллеров [Электронный ресурс]// <https://studfile.net>: [сайт]. - URL: <https://studfile.net/preview/960270/page:5/> (дата обращения: 09.04.2023).

2. libstock [Электронный ресурс] // <https://libstock.mikroe.com>: [сайт]. - URL: <https://libstock.mikroe.com/> (дата обращения: 09.04.2023).

3. Программирование современных микроконтроллеров: лекция 1 [Электронный ресурс] // <https://habr.com>: [сайт]. - URL: <https://habr.com/ru/companies/samsung/articles/411143/> (дата обращения: 09.04.2023).

ПОДСЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ В КАЧЕСТВЕ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Блинов Кирилл Алексеевич, магистрант кафедры ЭПП, e-mail:blino0000v@gmail.com
Научный руководитель - Мартко Екатерина Олеговна, к.т.н., доцент, e-mail:martnight@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Проведён анализ возможности повышения эффективности систем хранения энергии. Представлены необходимые мероприятия для достижения необходимого результата, выявлены сложности, возникающие в процессе проведения этих мероприятий, а также выявлены плюсы, которые мы получим при благоприятном развитии систем хранения энергии. По результатам проведения анализа произведена оценка актуальности и важности развития данного направления в электроэнергетике.

Ключевые слова: хранение энергии, литий-ионные батареи, накопители энергии, топливные элементы, водород.

Разработка более эффективных систем хранения энергии является одним из ключевых факторов для устойчивого развития энергетической отрасли. Они позволяют сохранять произведенную энергию на длительный период времени и использовать её в нужный момент.

Это будет актуально при использовании возобновляемых источников энергии, таких как солнечная энергия и энергия ветра, что на данный момент активно развивается. Одна из главных проблем использования альтернативных источников энергии – это высокая стоимость и огромные размеры систем накопления энергии в достаточном количестве.

Существует много различных технологий для хранения энергии, включая батареи, топливные элементы, гидроаккумуляторы, емкости на жидких металлах и другие. Все они имеют свои преимущества и недостатки, поэтому важно выбрать оптимальный вариант для конкретных условий.

Среди наиболее перспективных технологий можно выделить литий-ионные батареи, которые уже широко используются в мобильных устройствах и автомобилях. Также активно развиваются топливные элементы на основе водорода, которые могут быть использованы в автомобилях даже в домах.

Однако для широкого применения этих технологий необходимо снизить их стоимость и увеличить эффективность. Поэтому многие страны и компании инвестируют в исследования и разработки в этой области, чтобы создать более доступные и эффективные системы хранения энергии.

Для снижения стоимости и увеличения эффективности литий-ионных батарей и топливных элементов на основе водорода необходимо проводить исследования и разработки в следующих направлениях:

1. Использование более дешевых материалов для производства батарей и топливных элементов.
2. Улучшение производственных технологий, чтобы снизить затраты на производство и повысить качество продукции.
3. Разработка более эффективных систем управления и контроля за работой батарей и топливных элементов.
4. Использование новых материалов для создания электродов и катализаторов, которые обеспечивают более высокую производительность и долговечность.
5. Улучшение конструкции батарей и топливных элементов, чтобы увеличить их плотность энергии и емкость.
6. Разработка новых методов переработки отработанных батарей и топливных элементов, чтобы увеличить их экономическую ценность и снизить негативное влияние на окружающую среду.

7. Совершенствование системы транспортировки и хранения батарей и топливных элементов, чтобы сократить затраты на доставку и обеспечить их безопасность.

В целом, для снижения стоимости и увеличения эффективности литий-ионных батарей и топливных элементов на основе водорода необходимо интегрировать все вышеперечисленные факторы в единый комплексный подход, который будет ориентирован на повышение качества и доступности этих технологий.

Для снижения стоимости литий-ионных батарей и топливных элементов на основе водорода можно использовать альтернативные материалы для производства электродов и катализаторов, такие как графен, углеродные нанотрубки, металлы более дешевых групп и т.д. Также возможно использование переработанных материалов, что снизит затраты на производство.

К сожалению, сейчас их не используют по следующим причинам: разработка и использование альтернативных материалов требует дополнительных исследований и технологических инноваций, что может быть связано с высокими затратами и рисками. Кроме того, уже используемые материалы имеют хорошо изученные свойства и характеристики, что облегчает их использование в производстве. Также возможны ограничения на использование некоторых материалов в определенных странах или регионах из-за экологических или этических соображений.

Кроме того, использование альтернативных материалов может потребовать изменений в производственном процессе, что может быть сложным и затратным. Некоторые компании могут быть не готовы рисковать изменениями в уже устоявшейся системе производства.

Также в некоторых отраслях, используемые материалы могут быть стандартизованы, что означает, что производители должны использовать определенные материалы для соответствия стандартам и требованиям. Использование альтернативных материалов может нарушить эти стандарты и требования, что может привести к отказу от продукта или проблемам с сертификацией.

Кроме того, некоторые материалы могут быть более долговечными и устойчивыми к повреждениям, чем альтернативные материалы. Это может быть особенно важно в отраслях, где продукты должны прослужить долгое время и не подвергаться частой замене или ремонту.

Наконец, использование альтернативных материалов может потребовать дополнительных инвестиций в обучение персонала и разработку новых процессов и технологий. Это может быть сложным для компаний, которые не имеют достаточных ресурсов для таких инвестиций.

По итогу основная причина – это нежелание брать на себя риски, финансовую ответственность и менять устоявшиеся, отлаженные процессы.

При всех трудностях достижения оптимальной цены, высокого качества, надежности и доступности батарей нового поколения перспектива их использования заставляет продолжать проводить исследования в данном направлении.

Увеличение эффективности литий-ионных батарей и топливных элементов на основе водорода имеет следующие плюсы:

1. Большая емкость: Увеличение эффективности литий-ионных батарей и топливных элементов на основе водорода позволяет увеличить их емкость, что значительно увеличит время работы устройств, использующих эти батареи.

2. Быстрая зарядка: Увеличение эффективности литий-ионных батарей позволяет быстро заряжать эти батареи, что удобно для пользователей, которые не хотят ждать долго, чтобы их устройства были заряжены.

3. Уменьшение веса: Увеличение эффективности литий-ионных батарей и топливных элементов на основе водорода позволяет уменьшить их вес, что удобно для переноски.

4. Экологичность: Топливные элементы на основе водорода не выделяют вредных веществ при работе, что делает их экологически безопасными.

5. Длительный срок службы: Увеличение литий ионных батарей и топливных элементов на основе водорода позволяет увеличить их срок службы, что уменьшает затраты на их замену.

Анализ показал, что развитие в области хранения и накопления электроэнергии очень важное направление. Необходимо продолжать исследования по этой теме даже при учёте всех присущих сложностей. Батареи нового поколения помогут решить проблему накопления электроэнергии полученной от альтернативных источников энергии, увеличить запас хода электроавтомобилей, что так же, как и альтернативные источники энергии сейчас наиболее актуально. Кроме того, они могут позволить обеспечить более надежное и долговременное электроснабжение потребителей первой категории в случае отключения основного источника питания.

Повышение эффективности использования накопителей электроэнергии – сложный, но необходимый шаг в развитии технологий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. "Advances in lithium-ion batteries: A review on the improvement of the cycling stability" by J. Li, L. Zhang, X. Chen, Y. Zhao, and S. Zhang (Journal of Power Sources, 2018).
2. "Eco-friendly energy sources: Hydrogen fuel cells" by S. I. El-Morsi and A. M. Abd El-Rahman (International Journal of Hydrogen Energy, 2019).

АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В ЧАСТНЫЙ ДОМ НА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Бодрызов Дмитрий Андреевич, бакалавр кафедры ЭПП, e-mail:bodryzlovd@mail.ru
Научный руководитель – Попов Андрей Николаевич, к.т.н., доцент, e-mail:oleandr78@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье представлена информация изучения таких альтернативных источников электроэнергии, как солнечные электростанции, а также внедрение их в домохозяйство. Отражены положительные факторы солнечной энергетики, относительно традиционной. Определено количество потребления частным домом энергии, для расчета гелиоустановки. Наглядно показан уровень инсоляции на территории алтайского края. Алтайский край владеет подходящими критериями с целью размещения солнечных электростанций, за счет количества солнечной радиации, а также погодных условий. Основной целью исследования является рассмотрение лучистой энергии, а также продемонстрировать, что использование солнечной установки на территории алтайского края, позволяет улучшить качество электроснабжения и сэкономить финансовые средства. Произведен вывод, о целесообразности применения солнечной энергетики, относительно традиционной.

Ключевые слова: электроэнергетика, солнечная энергия, альтернативные источники энергии, солнечные панели, солнечная инсоляция.

Общество приобретает энергию, с помощью традиционных источников энергии, которые в свою очередь истощаются с каждым годом, поэтому необходимо искать им замену.

Альтернативные источники энергии (АИЭ) - это возобновляемые природные ресурсы, из которых получают тепло, электричество и другие виды энергии. В отличие от ограниченных источников, а именно нефти, угля и газа, запасы, которых с каждым годом уменьшаются, этот способ получения энергии отличается повышенной экологичностью, возобновляемостью и меньшим влиянием на глобальное потепление [1].

Рост потребления углеводородного сырья увеличивается с каждым годом, соответственно и цены, на потребляемую энергию возрастут. По мнению некоторых ученых данного источника хватит еще на полвека, в то время как Солнце, лучи которого попадая на поверхность земли, вырабатывают около 170 ПВт энергии, просуществует еще минимум 5 млрд. лет.

Преобразование солнечной радиации в электрическую энергию, осуществляется благодаря фотоэлектрическим установкам, преобразование в термическую осуществляют сол-

нечные коллекторы. Солнечные панели – являются фундаментом для работы солнечной электростанции.

К положительным факторам солнечной энергетики можно отнести:

- Неисчерпаемость.
- Доступность.
- Безопасность.
- Низкие эксплуатационные затраты.
- Широкая сфера использования.

Солнечная инсоляция – усредненный показатель солнечного воздействия на поверхность Земли под прямым углом, который зависит от продолжительности светового дня, времени года, погодных условий и рельефа местности. От данного показателя зависит эффективность гелиоустановки.

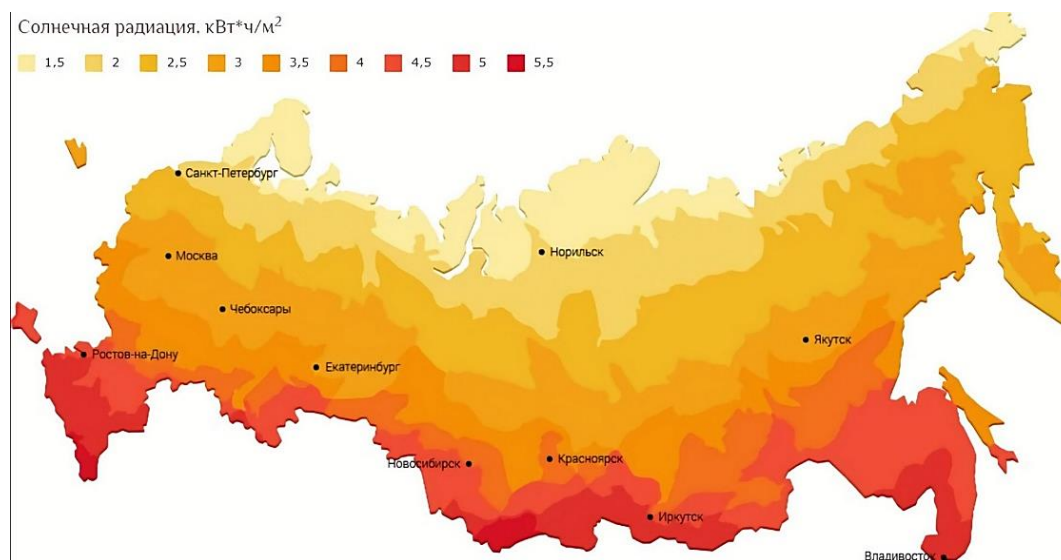


Рисунок 12 - Инсоляция российских регионов

Для расчета оптимального угла наклона солнечных панелей и оценки их эффективности, необходимо определить уровень солнечной радиации в городе Барнаул.

Среднегодовой показатель в городе Барнаул: 4,15 кВт*ч/м². Угол наклона: 44,5°

Для выбора солнечной панели, необходимо рассчитать среднюю нагрузку потребления электроприборов в доме.

Таблица 1 – Средняя нагрузка потребления электроприборов

Потребитель	Мощность (Ватт)	Количество (шт)	Время работы (час)	Расход (Ватт/час)
Телевизор	130	1	4	520
Обогреватель	1600	1	1	1600
Компьютер	100	2	5	1000
Холодильник	100	1	10	1000
Пылесос	1400	1	0,2	280
Чайник	1000	1	0,15	150
Электrolампы	12	30	5	1800
Итого в сутки				(7,15 кВт/ч)
Итого в месяц				(221,65кВт/ч)

К средней нагрузке потребления необходимо прибавить 30-40%. Таким образом, конечное потребление будет около 321 650 Ватт/час в течение одного месяца.

После подсчета данных, выбираем солнечную панель SilaSolar 410Вт PERC 10BB, состоящая из ячеек монокристаллического кремния.

Для определения выработки энергии одной солнечной панели, воспользуемся следующей формулой:

$$P_{\text{п}} = I \times P_{\text{м}} \times 30, \text{ где}$$

I – солнечная радиация, $P_{\text{м}}$ – максимальная мощность панели, 30 – дней

Произведем расчет выработки энергии солнечной панелью, в максимальный показатель солнечной радиации:

Солнечная инсоляция в июне - 6,43 кВт*ч/м²

$$6,43 \times 410 \times 30 = 79\,089 \text{ Вт (79,089 кВт)}$$

Так как мы знаем, ежемесячное потребление энергии нашим домохозяйством и количество электроэнергии, которое одна панель может выработать за месяц, воспользуемся формулой для определения количества необходимых нам установок.

$$N_{\text{п}} = \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{п}}}, \text{ где}$$

$P_{\text{н}}$ - потребление электроприборов в месяц, $P_{\text{п}}$ – выработка производимой энергии одной панелью в месяц

$$\frac{321\,650}{79\,089} = 4,1$$

Произведем расчет выработки энергии солнечной панелью, в минимальный показатель солнечной радиации:

Солнечная инсоляция в декабре - 1,69 кВт*ч/м²

$$1,69 \times 410 \times 30 = 20\,787 \text{ Вт (20,787 кВт)}$$

$$\frac{321\,650}{20\,787} = 15,4$$

После подсчета данных, мы видим, что из-за непостоянности солнечной радиации требуется разное количество солнечных панелей для обеспечения всех нужд домохозяйства. На территории алтайского края целесообразней применять комбинированный способ использования гелиоустановок с центральным электроснабжением.

Исходя из всего вышеизложенного, мы понимаем, что Алтайский край имеет достаточно хороший показатель солнечного воздействия, поэтому использование гелиоэнергетических установок в данном регионе является целесообразным и перспективным решением экономии электроэнергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сташко В.И. Возобновляемые источники электроснабжения: учебно-методическое пособие для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (квалификация (степень) «бакалавр») всех форм обучения / В.И. Сташко. – Барнаул: Электронное изд-во «Виртуальная Литература», 2020 – 27 с.

2. Основы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Я. Федянин, С.О. Хомутов, В.М. Иванов, И.А. Бахтина, Т.Ю. Иванова; под ред. В.Я. Федянина. – Барнаул: ООО «МЦ ЭОР», 2018 – 146 стр. – Режим доступа: <http://mceor.ru/18007>. – (Дата обращения: 12.06.2018). ISBN 978-5-6040354-2-9.

ПРОБЛЕМА ПОГРЕШНОСТИ УЧЁТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

Гавриш Екатерина Михайловна, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:katya.gavrish.2001@mail.ru; Пестов Матвей Игоревич, аспирант кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:pestov@mail.ru
Научный руководитель – Белицын Игорь Владимирович, к.п.н., доцент, e-mail:b_i_w@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрена актуальная проблема, связанная с отрицательной погрешностью трансформаторов тока. Показано, что эта погрешность связана с конструктивными особенностями всех электромагнитных трансформаторов, а именно наличием магнитопровода. Получены зависимости угловой и токовой погрешности от первичного тока.

Ключевые слова: энергетическая система, система учета электроэнергии, трансформатор тока, угловая погрешность, токовая погрешность.

Большая часть страны объединена огромной сетевой структурой, где все потребители и объекты генерации работают параллельно в рамках общей синхронной зоны (СЗ 1), в которую входят объединенные энергосистемы (ОЭС): Центра, Средней Волги, Урала, Северо-Запада, Юга, Сибири. ОЭС Востока работает параллельно с 1 синхронной зоной, через вставку постоянного тока (ВПТ) и вынесена в отдельную 2 синхронную зону (СЗ 2) [1].

Большая часть электрооборудования и сетевой структуры досталась ЕЭС России от стран СССР по территориальному принципу, а именно большая часть энергетического комплекса РСФСР. На конец 1990 года установленная мощность станций составляла 213,3 ГВт, в т.ч. 43,4 ГВт гидроэлектростанций, с годовым производством электроэнергии 1082 млрд. кВт*ч. И хотя часть станций подверглась модернизации и, несмотря на вывод мощностей из работы, за время существования Российской Федерации удалось увеличить мощность ЕЭС до 245 ГВт. И хотя большая часть генерирующего оборудования ЕЭС работает вне основного срока эксплуатации, либо с подходящим к концу сроком, большим уровнем износа, что накладывает определенные ограничения на эффективность работы некоторых агрегатов, энергоблоков и станций, но в свою очередь значительно снижает амортизационные и капитальные издержки на окупаемость и сооружение электростанций в виду присутствующего на данный момент избытка установленной мощности [2]. Поэтому все большее значение играет точность учета электрической энергии. Одним из источников погрешности систем учета является измерительные трансформаторы, а именно трансформаторы тока (ТТ). Поэтому далее будет подробно изучен вопрос влияния вторичной нагрузки на угловую и токовую погрешность ТТ.

Вторичная нагрузка имеет большое влияние на погрешность трансформаторов тока из-за свойств материала магнитопровода. Диапазоны всех погрешностей указаны в ГОСТ 7746. После окончания производства все ТТ проходят процедуру проверки. Проверка проводится на погрешность трансформатора тока. При вторичной нагрузке от 25 до 100%, в диапазоне от 5 до 120% первичного тока. Часто существует проблема несоответствия вторичной нагрузки диапазона госту. Это случается из-за того, что во вторичную цепь включены приборы учета и релейной защиты.

Режимы работы у трансформатора тока различны, он может работать при условии, что токи будут намного меньше номинального, а также, когда ток превышает номинальный в 2 и более раз [4].

Довольно мало информации по погрешностям ТТ и что с ними происходит в следующих случаях:

- если нагрузка больше чем номинальная;
- при токах, которые меньше 1% и больше 120% от номинального первичного тока.

Ниже рассмотрим существующие трансформаторы тока и как влияет вторичная нагрузка на их погрешность:

- ТОЛ10–1–300/5 класс точности 0,5, номинальная вторичная нагрузка 10 ВА;
- ТПОЛ–10–300/5 класс точности 0,5, номинальная вторичная нагрузка 10 ВА.

Первичный ток был в диапазоне от 0,5 до 200%, при различной вторичной нагрузке. На рисунках 1 и 2 показаны зависимости токовой и угловой погрешности от первичного тока с различными вторичными нагрузками для трансформаторов тока ТОЛ10–1.

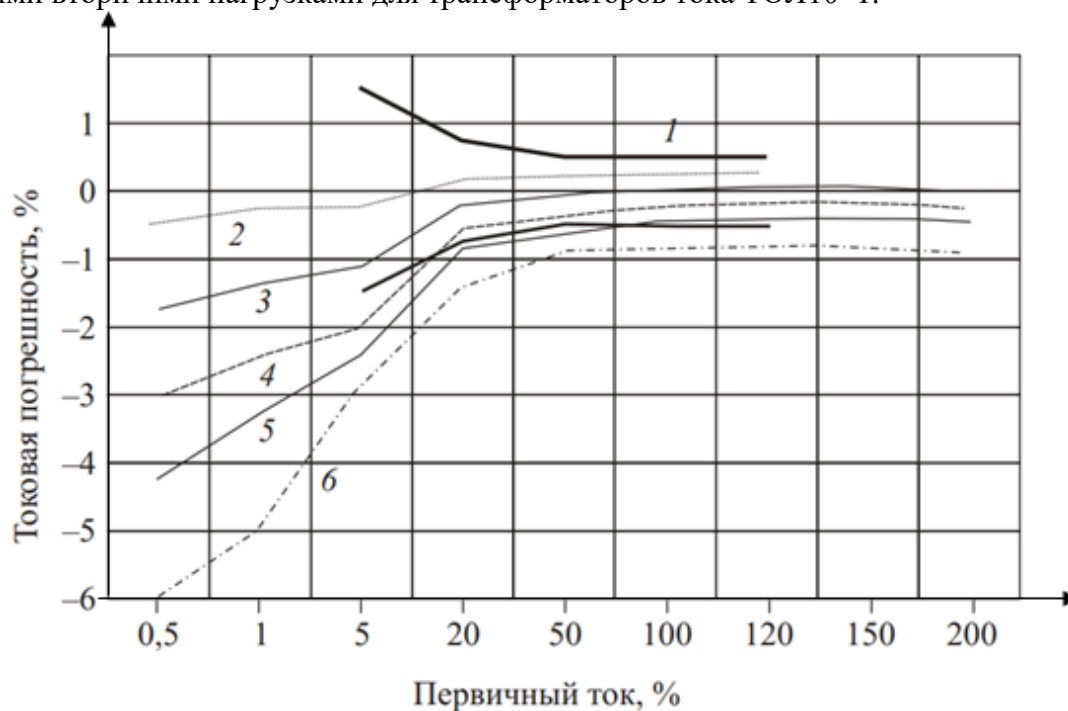


Рисунок 1 – Токовая погрешность ТОЛ10–1:

1 – ГОСТ 7746; 2 – 0,25S_{ном}; 3 – S_{ном}; 4 – 2S_{ном}; 5 – 3S_{ном}; 6 – 5S_{ном}

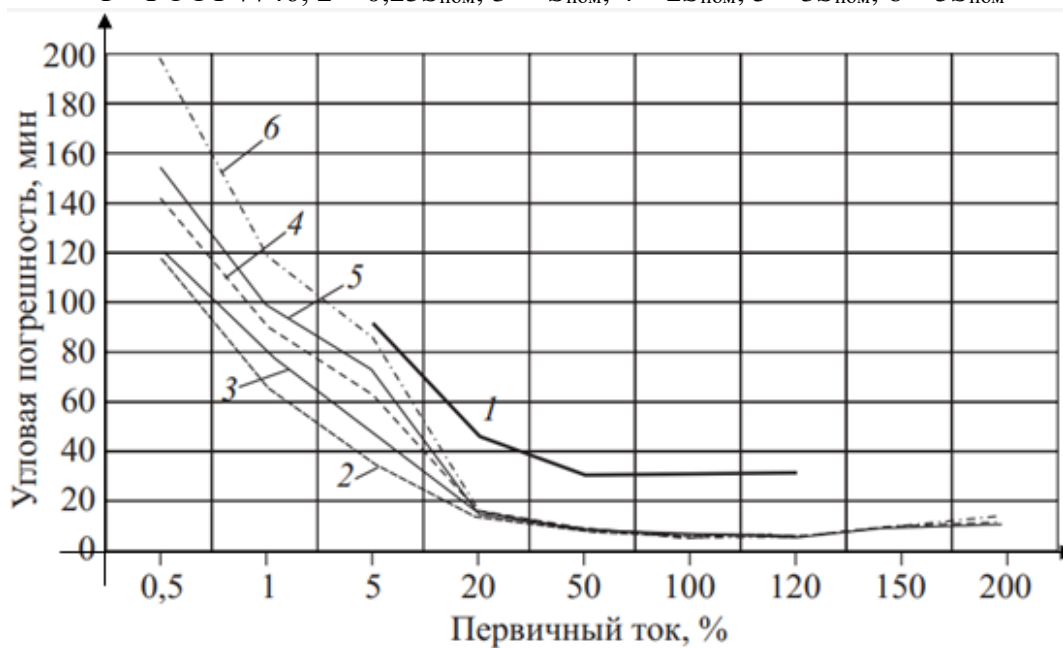


Рисунок 2 – Угловая погрешность ТОЛ10–1:

1 – ГОСТ 7746; 2 – 0,25S_{ном}; 3 – S_{ном}; 4 – 2S_{ном}; 5 – 3S_{ном}; 6 – 5S_{ном}

На рисунке 1 видно, что при токе от 20–120% токовая погрешность не выходит за пределы ГОСТ 7746. Также видно, что, если ток меньше 20% от номинального, токовая погрешность начинает резко возрастать.

На рисунке 2, видно, как при токе от 20 до 200% угловая погрешность также не выходит за пределы, заданные гостом. От 5 до 20% первичного тока, погрешность соответствует

погрешности заданной гостом. Увеличение угловой погрешности четко наблюдается, при токе менее 5% [4].

На рисунках 3 и 4 можно увидеть зависимости токовой и угловой погрешностей. Погрешности представлены в относительных единицах. За единицу принято погрешность трансформатора тока класса точности 0,5 при 100% первичном токе. (0,5% токовой погрешности, 30 минут угловой). На графиках четко видно, что токовая погрешность может увеличиваться более чем в 12 раз, а угловая в 8 раз.

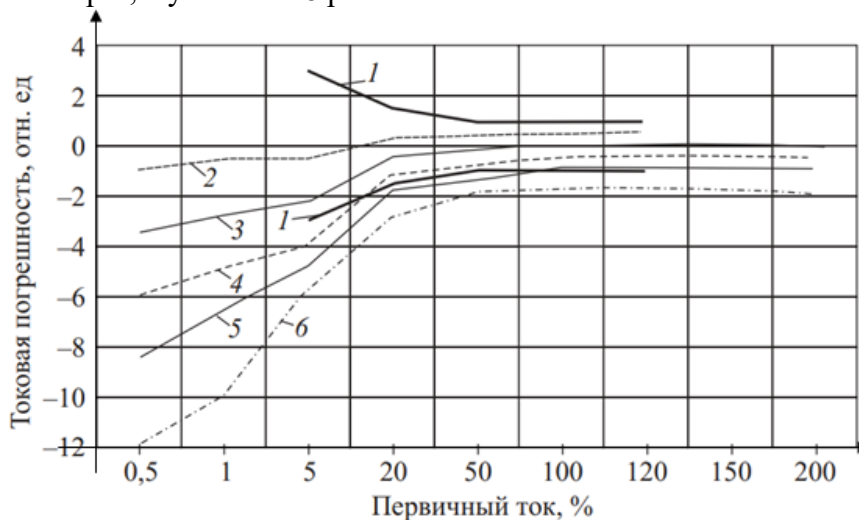


Рисунок 3 – Токовой погрешности в относительных единицах ТОЛ10–1:
1 – ГОСТ 7746; 2 – $0,25S_{ном}$; 3 – $S_{ном}$; 4 – $2S_{ном}$; 5 – $3S_{ном}$; 6 – $5S_{ном}$

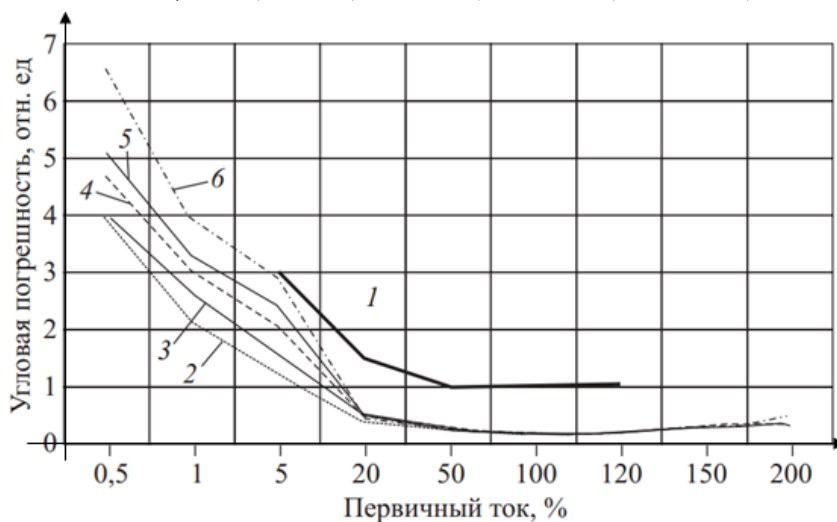


Рисунок 4 – Угловая погрешность в относительных единицах ТОЛ10–1:
1 – ГОСТ 7746; 2 – $0,25S_{ном}$; 3 – $S_{ном}$; 4 – $2S_{ном}$; 5 – $3S_{ном}$; 6 – $5S_{ном}$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. – 2009. –1-9p. – Текст: электронный. – URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
2. Cambridge Centre for Alternative Finance, CBCEI: Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index: [сайт]. – URL: <https://ccaf.io/cbeci/index>

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ РАЙОНАХ

Гречко Николай Федорович, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:kolyanyeah2013@yandex.ru

Научный руководитель - Грибанов Алексей Александрович, к.т.н., доцент, e-mail:diread@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрена проблема загрязнения поверхности солнечных панелей на солнечных электростанциях, оказывающая существенное влияние на величину генерируемой мощности, также рассмотрена проблема очистки большого числа солнечных панелей, установленных в труднодоступных районах от загрязнений и осадков. Предложено два способа избавления от загрязнений: с помощью ультразвуковой очистки и с помощью вибрационной очистки. Рассмотрены достоинства и недостатки обоих способов.

Ключевые слова: солнечные панели, СЭС, труднодоступная местность, ультразвуковая очистка, вибрационная очистка.

Эффективность генерации электроэнергии значительно повышается при использовании большого количества солнечных панелей, объединяемых в солнечные электростанции (СЭС). Количество таких установок с каждым годом увеличивается. Весьма яркий пример можно наблюдать в виде Майминской солнечной электростанции в селе Майма р. Алтай, созданной в 2017 году. Среднегодовая выработка данной СЭС позволяет удовлетворить годовое потребление района при достаточно небольших затратах на монтаж панелей [1].

Наряду с множеством достоинств от применения солнечной генерации электроэнергии возникает проблема в постепенно появляющемся загрязнении их поверхностей, что оказывает существенное влияние на выработку фотоэлементами электроэнергии ввиду уменьшения интенсивности попадающих потоков солнечного света. Традиционно, очистка солнечных панелей производится обслуживающим персоналом вручную, однако такой подход требует постоянного наличия рабочего персонала на электростанции, что также приводит к увеличению времени на данную операцию. В случаях, когда электроустановка находится в труднодоступной местности, в которой происходит регулярное загрязнение поверхностей панелей, проблема усугубляется.

Как правило, солнечные панели устанавливаются под некоторым углом, который изменяется в зависимости от месяца года для наиболее эффективной генерации. Это, свою очередь, несколько упрощает задачу по очистке, но не решает полностью. В качестве способа очистки солнечных панелей можно рассмотреть способ ультразвуковой очистки, включающий в себя несколько форсунок на одну панель и генератор ультразвуковых частот. Принцип действия несколько схож с работой ультразвуковой очистки зеркал в автомобиле. При достижении некоторого порогового уровня загрязнения поверхности, отслеживаемого датчиками загрязнения, форсунки распыляют моющее средство на поверхность панели, а генератор ультразвуковых колебаний преобразует поступающую энергию в энергию электрических колебаний ультразвуковой частоты. Под действием ультразвуковой кавитации насыщенный слой моющего вещества разрушает слой загрязнения, проникая также в имеющиеся неровности и полости [2]. Ввиду наклона панели, загрязнения будут стекать с поверхности.

Зимой можно применять способ вибрационной очистки, при котором под действием электрического тока снег или лёд на поверхности начинает таять, а после чего активируется вибрационное устройство, состоящее в совокупности из нескольких вибрационных блоков, устанавливаемых на верхней грани поверхности солнечной панели и на боковых гранях. Образующиеся колебания вытесняют образовавшийся слой наледи и загрязнения с поверхности панели.

Оба способа имеют некоторые недостатки. Один из них - это необходимость монтажа и обслуживания дополнительного оборудования. Наиболее затратным будет являться способ очистки с вибрационными блоками, при котором значительная часть энергии тратится на нагрев поверхности. Можно реализовать электропитание очистительных установок от электростанции.

троэнергии, вырабатываемыми самими панелями, тем самым несколько снизить затраты на обслуживание таких систем. В случае применения ультразвуковой очистки имеется вероятность оледенения чистящих средств при слишком низких температурах, что также требует поддержания их некоторой температуры.

Разумеется, оба способа также имеют и достоинства, в число которых входит как отсутствие необходимости в персонале, так и оперативность в производимой очистке солнечных панелей, позволяющая своевременно выявлять излишний уровень загрязнения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Майминская солнечная электростанция. – Текст: электронный // ХЕВЕЛ: [сайт]. – 2023. – <https://www.hevelsolar.com/projects/maiminskaya-solnechnaya-elektrostantsiya/1> (дата обращения: 08.04.2023).

2. Ультразвуковая очистка поверхностей. – Текст: электронный // ELECTROLIBRARY.INFO: [сайт]. – 2023. – URL: <http://www.electrolibrary.info/17-ultrazvukovaya-ochistka-poverhnostey.html> (дата обращения: 08.04.2023).

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА КАБЕЛЬНЫХ ЭСТАКАД

Ивлев Андрей Олегович, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:iva-slg@mail.ru

Научный руководитель - Павличенко Илья Александрович, ассистент кафедры ЭПП,
e-mail:pavlichenko22rus@gmail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Дано определение термина кабельная эстакада, а также рассмотрены её разновидности. Описан основной материал, используемый при строительстве эстакад. Обозначены его основные преимущества, а также выделены недостатки. Обозначена цель данного исследования. Приведён пример альтернативного материала. Описаны его преимущества перед сталью. Проведено сравнение материалов по экономическим показателям и техническим характеристикам.

Ключевые слова: кабельная эстакада, преимущество, недостаток, сталь, стеклопластик, затраты.

Кабельная эстакада представляет собой специальное сооружение, имеющее пролётную конструкцию протяжённого типа, которое предназначено для прокладки кабельных линий на территории промышленных предприятий с целью оптимального использования надземного пространства, а также в случаях, когда невозможна прокладка кабельных коммуникаций в земле [1].

Традиционным материалом, используемым при строительстве эстакад, является сталь. Во многом выбор стали технически обоснован. Стальные конструкции имеют высокую прочность, они не горючи, а также не вредят экологии. Но кроме этого сталь имеет много недостатков. Во-первых, это низкая коррозионная устойчивость. Незащищённый металл при контактах с окружающей средой быстро теряет свои свойства, что снижает срок эксплуатации. При строительстве приходится использовать дорогую нержавеющую сталь либо покрывать металлоконструкции грунтом и красить, а затем периодически обновлять покрытие для того чтобы продлить срок службы. Во-вторых, конструкции из стали или другого металла имеют большой вес, вследствие чего при их монтаже необходимо привлекать мощное грузоподъёмное оборудование. Эти недостатки приводят к лишним затратам при строительстве. Также сталь обладает высокой электропроводностью, что повышает риск поражения электрическим током рабочего персонала при обрыве или нарушении изоляции проложенного на эстакаде кабеля.

Целью данного исследования является поиск материалов, способных заменить дорогую и недолговечную сталь.

В настоящее время в строительстве всё чаще применяют пластиковые конструктивные элементы, усиленные стекловолокном. В сравнении с металлическими изделиями стеклопластиковые аналоги обладают рядом преимуществ.

Швеллера и профили из стеклопластика намного дешевле в производстве. Они почти не подвержены воздействию окружающей среды, поэтому не требуют дополнительных затрат на обработку антикоррозийными составами. Также стеклопластик является диэлектриком, что играет важную роль в выборе материалов для строительства в электроэнергетике.

По многим физическим характеристикам стеклопластик почти не уступает стали или алюминию. Из этого можно сделать вывод, что сфера применения стеклопластиковых изделий может быть почти такой же обширной как и у металлических элементов [2].

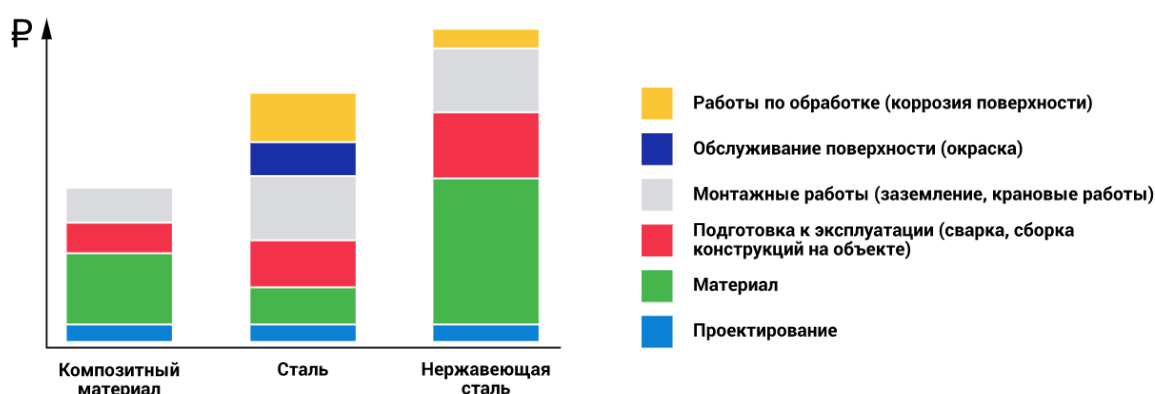


Рисунок 1 – Сравнение стоимости элементов из стеклопластика с металлическими аналогами

Таблица 1 – Характеристики материалов

Характеристика	Стеклопластик	Сталь	Алюминий
Плотность, кг/м ³	1,6-2,0	7,8	2,7
Разрушающее напряжение при сжатии (растяжении), МПа	220	235-480	180-210
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	220	400	275
Модуль упругости, ГПа	21	210	70
Коэффициент линейного расширения, 10 ⁻⁶ /К	8	11-14	140-190
Коэффициент теплопроводности, Вт/К·м	0,25-0,33	46	140-190

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. АО «ДКС»: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dkc.ru/ru/about/publications/448922/> (дата обращения 20.03.2023)
2. «Pultra – центр изготовления композитов»: [Электронный ресурс]. URL: <https://pultra.ru/profilya.html> (дата обращения 20.03.2023)

ВЫБОР СПОСОБА ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ В СЕТЯХ 6-10 кВ

Коверник Дарья Сергеевна, бакалавр кафедры «Энергоснабжение промышленных предприятий», e-mail: darya.kovernik@mail.ru

Научный руководитель - Мартко Екатерина Олеговна, к.т.н., доцент, e-mail: martnight@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Рассмотрены достоинства и недостатки каждого из способов заземления нейтрали в сетях 6-10 кВ. Переход с режима изолированной нейтрали на резистивное заземление (или заземление через дугогасящий реактор, шунтированный резистором) позволяет повысить надежность электросетей. Увеличение токов замыкания на землю может потребовать введения автоматического отключения с помощью релейной защиты для защиты от повреждений.

Ключевые слова: однофазное замыкание на землю, нейтраль, дугогасящий реактор, резистивное заземление, электрические сети 6-10 кВ.

Опираясь на принятые нормы, в России используются сети 6-10 кВ, которые относятся к сетям с малыми токами замыкания на землю и должны работать либо с заземлённой через дугогасящий реактор, либо изолированной нейтралью. Большинство нарушений нормальной работы таких сетей происходит из-за повреждений изоляции относительно земли с однофазным замыканием на землю.

Результатом использования сетей 6-35 кВ как с изолированной нейтралью является отсутствие точного контроля за значением результирующего тока замыкания на землю, а также исключает возможности ограничений перенапряжения и селективной релейной защиты от замыкания на землю [1].

Метод заземления нейтрали является чрезвычайно важной проблемой сетей этих классов напряжения. Для каждой электрической системы такая проблема должна решаться индивидуально. Получения максимальных выгод от выбранного метода заземления нейтрали связаны с надёжностью системы электроснабжения и затратами на неё. Таким образом, одной из самых трудных задач в проектировании систем электроснабжения является выбор способа заземления нейтрали. Рассмотрим достоинства и недостатки каждого из способов.

В режиме с изолированной нейтралью точки генераторов и трансформаторов не присоединены к контуру заземления. Достоинствами данного режима является отсутствие необходимости в быстром отключении первого однофазного заземления на землю, а также образование малых токов в местах повреждений. Но также этот режим имеет ряд недостатков таких как: возможность образования большого количества мест повреждения, которые довольно трудно обнаружить; создание дуговых перенапряжений, которые действуют на изоляцию долгое время; возникновение надобности исполнения изоляции электрооборудования на линейное напряжения относительно земли [2].

Следующий метод основывается на применении дугогасящего реактора для снижения тока замыкания на землю. Достоинствами данного метода являются исключение дуговых перенапряжений; уменьшает количество переходов в двухфазные и трёхфазные короткие замыкания; в местах возникновения короткого замыкания улучшает электробезопасность. Недостатками заземления через дугогасящий реактор являются почти полное отсутствие селективных защит; трудность и большая стоимость автоматической постройки дугогасящих реакторов; отсутствие возможности постройки на большие расстояния, необходимые для разветвлённых городских сетей.

Рассмотрим способ заземления нейтрали через резистор.

Система с высокоомным заземлением нейтрали обычно использует резистор, который позволяет ограничить дуговые перенапряжения активным током, равным ёмкостному. Эта система имеет следующие преимущества: она имеет возможность не отключать сразу всю цепь при появлении первого защитного напряжения; позволяет снизить разряд в случае повреждения изоляции, предотвращая появление перенапряжений; способствует равномерному распределению нагрузки между фазами и повышает безопасность системы, защищая от воз-

можных повреждений и аварий. Недостатками данной системы являются: возможность возникновения прерывистых дуговых однофазных замыканий на землю, приводящих к перенапряжениям на неповреждённых фазах; необходимость установки большого мощного резистора для заземления нейтрали сети и проблемы с обеспечением его термической устойчивости при устойчивых однофазных замыканиях на землю; увеличение потребляемого тока в месте повреждения и потенциальные проблемы с гашением дуги при однофазных замыканиях на землю.

Система с низкоомным заземлением нейтрали использует резистор, который ограничивает ток в месте повреждения до довольно невысокого значения в диапазоне 10-100А. Зачастую, это значение определяется требованиями релейной защиты. Данная система имеет такие положительные качества, как: полностью исключает возможность возникновения дуговых прерывистых отклонений напряжения; уменьшает длительность воздействия на изоляцию элементов сети перенапряжений на неповреждённых фазах в переходных режимах однофазных замыканий на землю; исключает возможность феррорезонансных процессов сети; уменьшает вероятность поражения людей током в месте повреждения. Основным недостатком низкоомного заземления нейтрали из-за переходов кратковременных самоустраняющихся пробоев изоляции в устойчивые повреждения является увеличение числа отключений элементов сети. Так же недостатками являются: необходимость установки дополнительного оборудования для заземления; увеличение восстановления сети после пробоя; потребление дополнительной энергии на поддержание заземления; невозможность работы сети с однофазными замыканиями на землю [3].

Таким образом, при выборе режима заземления нейтрали для длительной работы сети с однофазным замыканием на землю без резервирования, наиболее целесообразным оказывается использование дугогасящего реактора. Он позволяет не только предотвратить перегрузку нейтрали, но и защитить приборы и другие элементы сети от перенапряжения. Однако, для достижения максимальной эффективности применения дугогасящего реактора возможно только в симметричных сетях с мало изменяющейся конфигурацией. В других случаях предпочтительнее оказывается использование изолированной нейтрали или нетйрали, заземлённой через резистор. Следовательно, при выборе режима заземления нейтрали необходимо учитывать конкретные условия сети, а также вид электрооборудования, которым она питается.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Евминов Л.И., Алфёрова Т.В. Применение резистивного заземления нейтрали в электрических сетях 6-35 кВ // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. 2022. №2 (89). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-rezistivnogo-zazemleniya-neytrali-v-elektricheskikh-setyah-6-35-kv> (дата обращения: 07.04.2023).
2. Режимы нейтрали в сетях 6(10)-35кВ (ПУЭ). Преимущества и недостатки.// Студопедия URL:https://stydopedia.ru/1_69720_rezhimi-neytrali-v-setyah--kv-pue-preimushchestva-i-nedostatki.html (дата обращения: 07.04.2023).
3. Евдокунин Г.А., Гудилин С.В., Корепанов А.А. Выбор способа заземления нейтрали в сетях 6-10 кВ // Электричество. – 1998. – №12 . 8-22.

ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ КАК АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Колодченко Никита Владимирович, бакалавр кафедры ЭПП, e-mail:kolodchenko.nik@mail.ru
Научный руководитель - Павличенко Илья Александрович, ассистент кафедры ЭПП,
e-mail:pavlichenko22rus@gmail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Использование альтернативных источников энергии необходимо для сохранения традиционных источников энергии и поддержания экологии. В статье перечислены виды геотермальной энергии и типы геотермальных установок. Геотермальная энергия особенно эффективна для отдельно стоящих домов. Поэтому, для использования других видов энергии необходимо учитывать климатические и географические условия.

Ключевые слова: энергетические ресурсы, возобновляемые источники энергии, геотермальная энергия, геотермальная электростанция, теплообменник, альтернативная энергетика, устойчивое строительство.

Человечество вплотную приблизилось к дефициту топлива и экологическому ущербу (глобальное потепление, загрязнение воздуха, воды) из-за неконтролируемой эксплуатации и расточительного использования невозобновляемой энергии.

Примерно в ближайшие пятьдесят лет мы можем столкнуться с ситуацией полного истощения запаса природных энергоресурсов (нефть, газ, уголь).

В настоящее время большое внимание уделяется возобновляемым природным ресурсам, например, геотермальным источникам энергии.

Геотермальная энергия - это тепловая энергия, вырабатываемая землей. Экспертам было проведено исследование, которое показало, что Земля имеет температуру ядра 3000-6000°C и по мере удаления от ядра становится всё меньше и меньше. Движение земного слоя, извержения вулканов и макросейсмичность указывают на энергетическое воздействие Земли. Наша планета имеет объем равный 1085 миллиардов кубических метров, и этот объем, за исключением маленького слоя земной коры, имеет очень высокую температуру [1].

Технологии нашего времени не могут позволить достичь выработок, т.к. они расположены очень глубоко, но они могут дать 840 000 000 000 Вт (2%) геотермальной энергии, это огромное кол-во энергии поможет обеспечить потребности человека на долгое время. Использование геотермальной энергии возможно только в районах сейсмической и вулканической активности, поскольку земная кора в таких районах намного тоньше и горячая вода и пар поднимаются от земли к поверхности и вырываются из земли в виде гейзеров, температура которых доходит до 300 °C [2, 3].

В энергетике есть 5 видов геотермальной энергии:

• поверхностное тепло Земли, которое находится в несколько сотнях метров на глубине;

- гидротермальные установки, т.е. резервуары для горячей воды;
- тепловая система;
- геотермальная зона или нагретые сухие породы;
- магма.

Есть 4 способа, чтобы получить энергию на геотермальной электростанции:

1) Прямой контур. Этот способ подразумевает, что пар подается по трубопроводу к турбинам, подключенным к электрогенераторам.

2) Непрямая схема: похожа на прямой контур. Отличие заключается в очистке газов, которые вызывают засорение труб, перед поступлением в систему.

3) Комбинированный контур: аналогичен прямому контуру, но после конденсации вода удаляется из нерастворенных газов.

4) Бинарный контур: для него рабочей средой является не термальная вода или пар, а жидкость с низкой температурой кипения. Жидкость, проходя через теплообменник, становится паром, который в свою очередь вращает турбину [4].

Параметры теплоносителя оказывают огромное влияние на технологию преобразования геотермальной энергии в электрическую. Геотермальная вода, благодаря которой пар

под большим давлением попадает на геотермальную электростанцию, позволяет направлять такой теплопровод напрямую к турбине. Генерация энергии на геотермальной электростанции очень схожа с принципом работы на тепловых электростанциях, которые используют топливо на основе углеводорода. Механические примеси и газы, которые находятся в геотермальной воде или паре, очищаются с помощью специальных фильтров и сепараторов. Со значительным количеством примесей, которые часто являются агрессивными, используется двухконтурная система с теплообменником.

Промышленная геотермальная энергия пока не может заменить традиционные источники энергии. Во-первых, из-за сложности глубокого бурения и ограниченных температурных зон. На сегодняшний момент есть огромное количество источников энергии, но геотермальная энергия выделяется среди других способов производства тепла и электроэнергии. Геотермальная энергия, основанная на распределении низкотемпературных источников тепла, имеет замечательные аспекты. Такая энергия не нуждается в специальных зонах с горячей водой или паром. Тепловые насосы пользуются большим спросом, поэтому их часто можно встретить в современных домах (рис. 1).

Есть несколько способов использования тепла Земли в зданиях различного характера: для отопления помещения, водоснабжения (горячего), кондиционирования воздуха (охлаждения) и т.д.

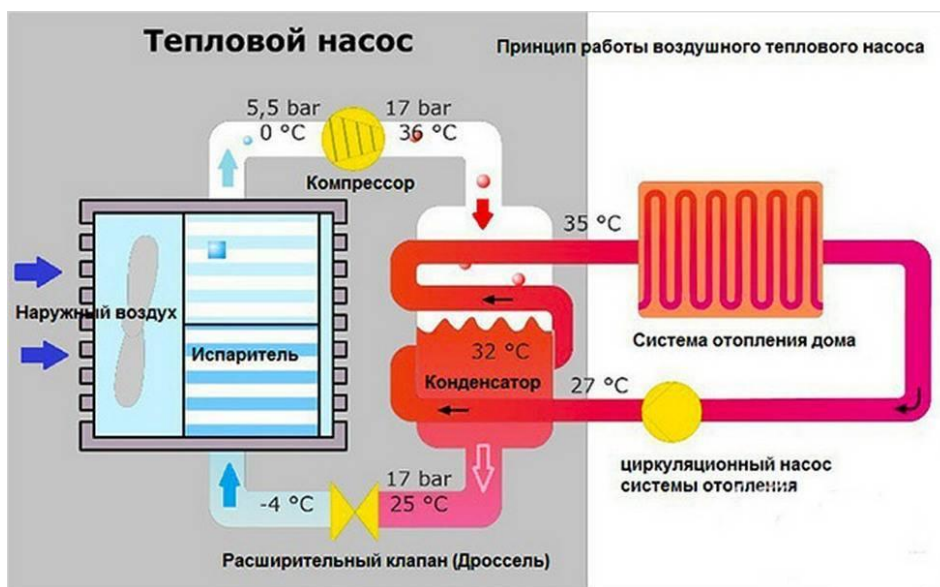


Рисунок 1 - Компонновка теплового насоса

Таким образом, геотермальная энергетика активно развивается в своих «малых» формах. Главной составляющей здесь является тепловой насос, включающий в себя сразу два контура. Внутренний контур схож с обычной системой отопления, которая состоит из трубопровода и радиаторов. А внешний контур является своего рода большим теплообменником, размещенным под землей или под водой. Принцип действия геотермальной установки заключается в том, что жидкость (состоящая из хладостойкого хладагента) циркулирует внутри теплообменника. В испарителе хладагент становится газом, забирает тепло из окружающей среды (земли) и охлаждает его. В конденсаторе хладагент снова становится жидким, тем самым передавая тепло всему дому [5].

Геотермальные установки бывают:

1. Горизонтальный теплообменник. Такой тип используют для отопления жилых домов. При его применении трубы укладываются в специально изготовленные линии зачистки на глубину, немного превышающую уровень промерзания почвенного покрова. Однако у этой системы есть один недостаток - для размещения коллектора требуется большая пло-

щадь. Также, в случае установки на территории дома вблизи растений, оборудование должно находиться в 1,5 метрах от них.

2. Вертикальный теплообменник. Этот механизм более компактный, но в то же время более дорогой. Чтобы обеспечить дом геотермальным отоплением такой установкой не требуется большая площадь, но нужно оборудование для бурения. Так как в этом случае требуемая глубина скважины - от 50 до 200 метров.

3. Теплообменник с вытеснением воды. Этот тип является наиболее экономичным, так как он работает за счет тепла воды. Система должна быть установлена не далее, чем в 100 метрах от пруда. Контур трубопровода в виде спирали прокладывается по дну на глубине менее 3 метров. Важно отметить, что площадь резервуара должна быть не менее 200 квадратных метров.

Установка геотермального оборудования будет более затратным, нежели установка любого другого котла или системы кондиционирования воздуха. Но преимущество теплового насоса заключается в том, что он потребляет меньше энергии, а значит, экономит деньги во время эксплуатации. Тепловой насос используя 1 кВт электроэнергии вырабатывает 3-5 кВт тепловой энергии [6].

Из-за резкого сокращения традиционных энергоресурсов перед нами встает вопрос об энергоэффективности объектов, и необходимо задуматься о применении альтернативных источников энергии. Нужно учитывать большое количество факторов таких как: культурная среда, географическое и климатическое положение региона, благодаря которым можно понять, какую альтернативную энергию использовать (солнечная, геотермальная и т.д.). Для сохранения исчерпываемых ресурсов на планете и перехода к экологически устойчивому строительству, необходимо принять во внимание все вышеперечисленные факторы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Берман Э. Геотермальная энергия [Текст] / Э. Берман. М.: МИР, 1978. 416 с. (дата обращения: 06. 04.2023).
2. Верган С. Геотермальная энергия: энергетика будущего / С. Верган. Доступно по адресу: <http://altenergiya.ru/termal/geotermalnaya-energe-tika.html>. (дата обращения: 06. 04.2023).
3. Дяттерев К. Тепло земли. Наука и жизнь, 2013, том 10, с. 31-39. Доступно по адресу: <https://www.nkj.ru/архив/статьи/23222/>. (дата обращения: 06. 04.2023).
4. Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы. Oxford, Pergamon Press, 1979. 224 с. (русск. ред.: Рей Д.А., Макмайл Д. Теплые носы. М.: Энергоиздат, 1982. 224 с.). (дата обращения: 06. 04.2023).
5. Свидерская О. Основы энергосбережения. Минск, Тетра Системс, 2008. 341 с. (дата обращения: 06. 04.2023).
6. Соболевский, А. Энергосбережение - высшая математика архитектуры [Текст] / А. Соболевский. Экологические системы, 2008, том 1. 7. Доступно по адресу: <http://escosys.narod.ru>. (дата обращения: 06. 04.2023).

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Кочешкова Александра Максимовна, студент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail: aleksandra.k01@yandex.ru

Научный руководитель - Павличенко Илья Александрович, аспирант кафедры ЭПП, e-mail: pavlichenko22rus@gmail.com

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе проанализированы существующие методы определения сечения провода или кабеля по экономической плотности тока и экономическим токовым интервалам, выявлены их особенности. Определено оптимальное соотношение для нахождения сечения кабеля или провода, соответствующее наименьшим приведенным или суммарным дисконтированным затратам. Предложена методика удельных дисконтированных затрат.

Ключевые слова: электрическая энергия, экономическая плотность тока, экономические токовые интервалы, сечение провода, удельные дисконтированные затраты.

В настоящее время наблюдается рост потребления электрической энергии, что увеличивает актуальность вопроса о повышении пропускной способности и надежности электрических сетей.

Важный параметр, который необходимо учитывать при проектировании электрических сетей это сечение кабеля или провода. На сегодняшний день выбор сечений проводов и кабелей осуществляется по экономической плотности тока и экономическим интервалам.

Приведенные методы опираются на нормативные значения плотности тока [1], зависящие от условий, а так же на рекомендации, приведенные в Правилах устройства электроустановок (ПУЭ) и основаны на сопоставлении вариантов по критерию минимума приведенных затрат, либо суммарных дисконтированных затрат.

Так или иначе, применяемые методики для выбора сечения [2], опираются на экономическую целесообразность. Так как с увеличением сечения увеличиваются затраты на сооружение линий электропередач, а затраты, связанные с потерей мощности снижаются. Определение такого оптимального соотношения сводится к нахождению сечения кабеля или провода, соответствующего наименьшим приведенным или суммарным дисконтированным затратам.

Поскольку на практике при проектировании линий электропередач наблюдается тенденция ухода от выбора сечений кабелей и проводов методом экономической плотности тока [4], из-за ряда имеющихся допущений, и переход к методу оптимальных токовых интервалов, то для выбора оптимальных сечений была предложена методика, использующая в качестве целевой функции функцию удельных дисконтированных затрат.

Таким образом при сроке службы линии $T = 50$ лет, а так же с учетом нагрузочных потерь, потерь на корону и линейной изоляции для воздушных линий электропередач единичной длины примет следующий вид:

$$Z_{уд.д} = \frac{K_0 + [\sum_{t=0}^{50} (p_{об.р} K_0 + \Delta W_{нЦ} + \Delta W_{кЦ} + \Delta W_{изЦ})(1 + E_{ср})^{-t}]}{\sum_{t=0}^{50} \sqrt{3} U_{н6} I_{н6} T_{н6} \cdot \cos \varphi (1 + E_{ср})^{-1}}$$

или

$$Z_{уд.д} = \frac{K_0 + [p_{об.р} K_0 + Ц(\Delta W_{к} + \Delta W_{из})] D}{\sqrt{3} U_{н6} I_{н6} T_{н6} \cdot \cos \varphi D},$$

где K_0 – удельные капиталовложения в сооружение воздушных линий, руб./км; $p_{об.р}$ – доля затрат на амортизационные отчисления, обслуживание и ремонт ВЛ по отношению к ее стоимости; $\Delta W_{н}$ – нагрузочные потери электроэнергии в ВЛ единичной длины; $\Delta W_{к}$ – потери электроэнергии в линии на корону; $\Delta W_{из}$ – потери электроэнергии в подвесной изоляции линии; $I_{н6}$ – максимальный ток нагрузки линии, А; $T_{н6}$ – число часов использования максимум нагрузки, ч; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности; $U_{н}$ – номинальное напряжение линии, кВ;

C – принятый средневзвешенный тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч; D – дисконтирующий множитель, представляющий собой полученную в результате преобразований безразмерную величину, определяемую по формуле убывающей геометрической прогрессии:

$$D = \frac{1 - (1 + E_{cp})^{-t}}{E_{cp}}.$$

В результате работы, была получена математическая модель, позволяющая определять удельные дисконтированные затраты при сооружении воздушных линий электропередачи. Разработанная модель позволяет учесть различные технические и экономические параметры, а также другие базовые показатели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. Москва: Энергоатомиздат, 1989. 346 с.
2. Файбисович Д.Л. Справочник по проектированию электрических сетей. Москва: ЭНАС, 2012. 78 с.
3. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. Москва: Высшая школа, 1985.
4. Блок В.М. Электрические сети и системы: учебное пособие для студентов электроэнергетических специальностей вузов / В.М. Блок. – Москва: Высшая школа, 1986. 430 с.
5. Веников В.А. Электрические системы. Передача электроэнергии переменным и постоянным током высокого напряжения // В.А. Веников, В.В. Худяков, Н.Д. Анисимова. – Москва: Высшая школа, 1972. 368 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Кызлаков Алексей Александрович, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:leha.kyzlakov.01@mail.ru

Научный руководитель – Мартко Екатерина Олеговна, к.т.н., доцент, e-mail:martnight@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Проведено исследование темпов внедрения искусственного интеллекта в мировой промышленности. Рассмотрены примеры успешных, решаемых искусственным интеллектом, задач. Исследованы темпы интегрирования нейросетей в России. Приведены примеры работы искусственного интеллекта в энергетической сфере. Выдвинуто предложение по трансформации энергетической сферы с помощью рекомендательно-прогностических систем. Приведены аргументы в поддержку данного предложения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, энергетика, развитие, время, затраты.

За последний год популярность нейросетей во всём мире сильно выросла. Уже сейчас искусственный интеллект (ИИ) активно применяется в промышленности, строительстве и других сферах экономики. При этом основной акцент делается на обеспечении безопасности. ИИ контролирует технологические процессы и прогнозирует возможные риски и вероятность чрезвычайных ситуаций на производстве. Также алгоритмы нейросетей способны рассчитывать сроки службы оборудования и вероятность возникновения аварийных ситуаций, что позволяет работникам оценить, когда стоит произвести ремонт или его замену. Сегодня по уровню внедрения ИИ в отрасли промышленности лидируют Китай, Япония, Южная Корея и страны Европы [1].

Развитию технологий с применением искусственного интеллекта в России посвящена отдельная национальная стратегия до 2030 года. Между тем в энергетике нейросети пока что не нашли большого распространения. На данный момент они применяются лишь для сбора и обработки информации, автоматизации несложных операций, анализе фото- и видеоматериалов. Набирают популярность рекомендательно-прогностические системы.

Прорывными и современными технологиями в области генерации электроэнергии являются системы поддержки и принятия решений, а также внедрение технологий компьютерного зрения. Уже сегодня на Кольской АЭС используется технология машинного зрения, которая способна определять правильность применения средств защиты сотрудниками предприятия.

В первую очередь в электроэнергетику должны быть интегрированы рекомендательно-прогностические системы. Объяснить данное решение можно несколькими аргументами.

К примеру, искусственный интеллект в заданных условиях способен предложить наиболее выгодные экономические и технические решения. Это значительно сократит время проектирования, уменьшит затраты при строительстве, сведёт к минимуму влияние человеческого фактора.

Ещё один аргумент – это состояние используемого оборудования. Большой процент из всего действующего электрооборудования – это устаревшие образцы. И с каждым годом работы у такого оборудования увеличивается вероятность возникновения аварийных ситуаций. С помощью ИИ рабочий персонал сможет точнее прогнозировать различные аварийные ситуации, быстрее принимать меры по их предотвращению или сведению к минимуму последствий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Известия: [Электронный ресурс]. URL: <https://iz.ru/1292461/mariia-frolova/umstvennyi-proletarii-kak-iskusstvennyi-intellekt-meniayet-proizvodstvo-v-rossii> (дата обращения 26.03.2023)

2. Информационное агентство ТАСС: [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/ekonomika/10330409> (дата обращения 26.03.2023)

ФАКТОРЫ, ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Мешков Алексей Викторович, бакалавр кафедры ЭПП, e-mail: alexhm201@mail.ru

Научный руководитель - Павличенко Илья Александрович, аспирант кафедры ЭПП,

e-mail: pavlichenko22rus@gmail.com

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Существует большое количество проектов и статей, по развитию альтернативной энергетики в Алтайском крае. В частности, это относится к проектам солнечных электростанций. Многие из этих проектов опираются лишь на общие факторы, касающиеся развития данной отрасли на всероссийском уровне. Наш регион имеет множество ограничений, которые приостанавливают движение в развитии проектов внедрения солнечной энергетики.

Ключевые слова: солнечная энергетика, целесообразность, аграрные зоны, системы ЛЭП, электрификация.

В настоящее время существует множество проектов по внедрению объектов альтернативной энергетики на территорию Алтайского края. Многие из этих проектов создаются, опираясь лишь на общероссийские перспективы её развития. При их создании не учитываются некоторые особенности и факторы, ограничивающие строительство объектов альтернативной энергетики, или затрудняющие их дальнейшую эксплуатацию [1].

С формальной точки зрения Алтайский край является перспективным субъектом для внедрения объектов солнечной генерации. Такой вывод можно сделать, опираясь на представленную на рисунке 1 карту инсоляции по региону.

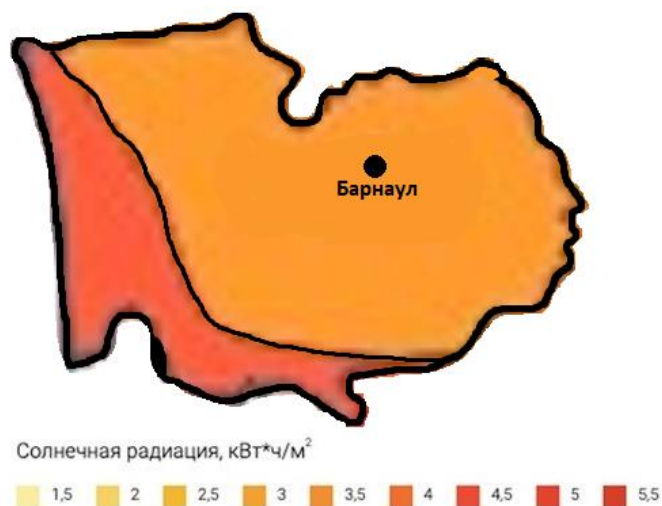


Рисунок 1 – Карта инсоляции

Также для ведения дальнейшего исследования и обсуждения ограничивающих факторов, на рисунке 2 будет представлена схема территориального планирования Алтайского края.

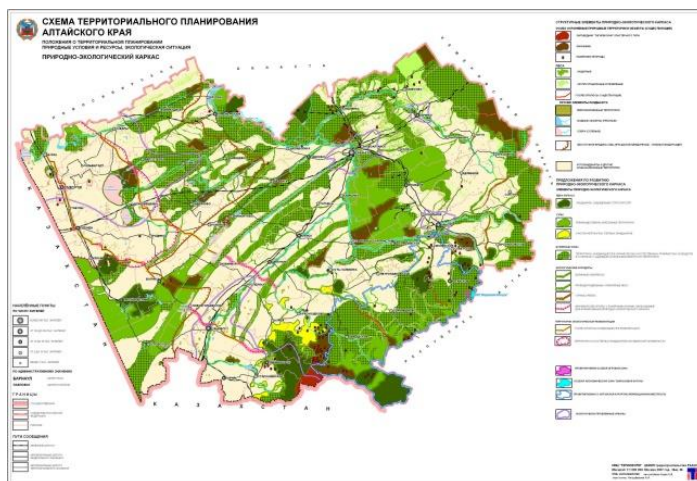


Рисунок 2 – Схема территориального планирования Алтайского края

Для большей наглядности выполним наложение карты инсоляции на карту-схему территориального планирования. Результат наложения представлен на рисунке 3.

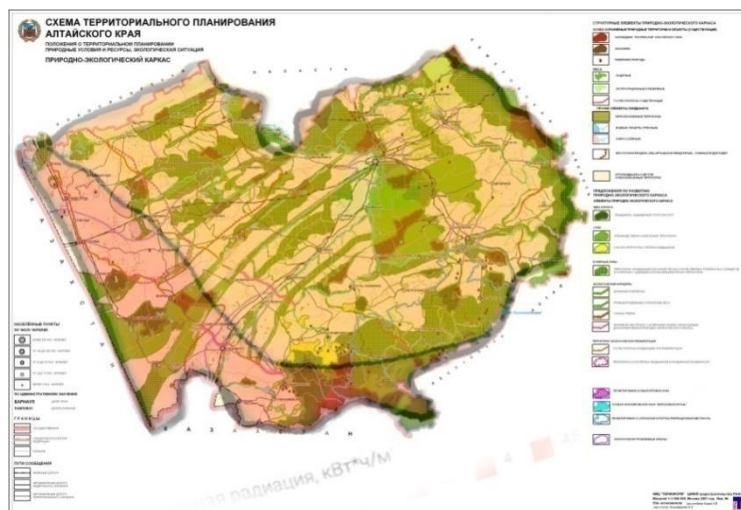


Рисунок 3 – Карта инсоляции, наложенная на схему территориального планирования

Возведение солнечных электростанций, позволяющих частично покрывать энергодефицит региона, требует обширных площадей.

В результате анализа территории Алтайского края и исследования карты инсоляции, делаем вывод о том, что наиболее перспективным районом для установки солнечных электростанций является Юго-западная граница алтайского края, вся остальная территория края тоже является перспективной, но с более низкими показателями инсоляции. Но при этом, при наложении карты инсоляции на схему территориального планирования мы видим места, где невозможна установка солнечной электростанции, вследствие того, что данные территории являются с/х угодьями. Также немаловажным является факт наличия большого количества лесов, лесоохранных зон и заказников [2].

Нельзя забывать, что Алтайский край находится в умеренно-континентальной климатической зоне. Количество безморозных дней, по данным исследований, колеблется на отметке 120-130 в году. Данный фактор значительно осложняет эксплуатацию солнечных электростанций [3].

Также одним из немаловажных факторов, влияющих на нецелесообразность возведения солнечных электростанций, является развитая сеть линий электропередач. Ознакомиться со схемой можно на рисунке 4.



Рисунок 4 – Алтайская энергосистема

Ознакомившись со схемой, делаем вывод о том, что в Алтайском крае нет зон, в которых бы возникали проблемы по доставке электроэнергии к потребителю, соответственно с этим, капитальные вложения по строительству СЭС являются невыгодными.

Перечисленные выше факторы, также коррелируют с общими недостатками данного вида оборудования [4].

Безусловно, использование солнечных батарей не является бессмысленным. Они могут использоваться как объекты микрогенерации и для частных домовладений, но их использование нецелесообразно в решении более широких проблем энергетики региона [5].

В результате исследования, можно сделать непосредственный вывод о нецелесообразности строительства крупных СЭС на территории региона, но не исключено внедрение объектов микрогенерации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Целесообразность использования возобновляемых источников энергии на Алтае. URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 08.04.2023).
2. Что мешает развитию альтернативной энергетики в Сибири, URL: <https://rg.ru/2019/07/24/reg-sibfo/chto-meshaet-razvitiu-alternativnoj-energetiki-v-sibiri.html?ysclid=lfxt1sb0vc633391949>. (дата обращения: 08.04.2023)

3. Климат Алтайского края: особенности погоды по месяцам. URL: <https://gdealtai.ru/otdyx-na-altae/klimat/?ysclid=lg7hcee33u890768762>. (дата обращения: 08.04.2023).

4. Плюсы и минусы солнечной энергетики. URL: <https://plusminusi.ru/plyusy-i-minusy-solnechnoj-energetiki/?ysclid=lfxu5vslcs858645597>. (дата обращения: 08.04.2023).

5. Альтернативная энергетика на Алтае: возможности и перспективы. URL: https://ecodelo.org/rossiyskaya_federaciya/sibirskiy_fo/altayskiy_kray/37877-alternativnaya_energetika_na_altae_vozmozhn?ysclid=lfxu8lmqlc154541327. (дата обращения: 08.04.2023).

ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В КТП 10/0,4 кВ

Мустьяцэ Александр Викторович, студент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail: alexandr.mustyace5999@mail.ru

Серохвостов Андрей Андреевич, студент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail: fusion2019@bk.ru

Научный руководитель - Попов Андрей Николаевич, к.т.н., доцент, e-mail: oleandr78@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Описана проблема, связанная с затруднительным проведением замеров напряжений и токов нагрузки на КТП 10/0,4 кВ при выполнении плановых и внеплановых ремонтных работ. В связи с данной проблемой, в календарном графике планово-предупредительных работ могут возникнуть задержки, что в некоторых случаях может быть недопустимым.

Ключевые слова: измерения, комплектная трансформаторная подстанция, LoRa, климатические условия, задержки в графике.

Для обеспечения бесперебойной работы комплектных трансформаторных подстанций должны вовремя проводиться замеры напряжений и токов нагрузки на их фазах. Данная работа, как правило, имеет плановый характер, за исключением моментов, связанных с проведением ремонтных работ. В настоящее время измерения выполняются мультиметром с токоизмерительными клещами. Безусловно, при проведении работ в электроустановках главную роль играет безопасность электромонтеров, поэтому измерения проводятся непосредственно в диэлектрических перчатках.

В большинстве случаев, данная работа не представляет большой сложности и проводится в течение 10 минут, учитывая время на подготовку бригады. Однако, электромонтеры часто пренебрегают правилами техники безопасности. Федеральная служба по экономическому, технологическому и атомному надзору за 2022 год приводит в пример 33 несчастных случая со смертельным исходом, произошедших в ходе эксплуатации энергоустановок [1]. Во внимание также принимается то, что при проведении данного типа работ могут возникнуть непредвиденные обстоятельства, что усложняет работу и повышает риск травматизма на рабочем месте. Чаще всего, такими обстоятельствами выступают погодные условия. Опираясь на статистические данные можно заметить, что общее число дней с осадками в Алтайском крае составляет 220 дней, из них 143 дня относятся к теплоте времени года [2]. Как известно, во время дождя запрещено проводить работы в электроустановках, находящихся под напряжением. Трудности при подходе к КТП также могут доставить заросли ДКР в теплое время года и сугробы в холодное время года.

Чтобы исключить все факторы предлагается вывести данный тип работ на дистанционный формат, то есть выполнять измерения на некотором удалении от КТП. Это становится возможным благодаря изобретению устройства, сконструированного на основе технологии LoRa.

Для передачи информации, в нашем случае значений измеряемого напряжения, может быть использовано множество датчиков по типу радиосвязи или Bluetooth технологий. Однако, примитивные технологии радиосвязи, при передаче на большие расстояния, затрачивают

на это большое количество электроэнергии. В свою очередь, перспективная технология Bluetooth требует малого количества энергии, но не может осуществлять передачу на расстояния больше 30 метров. Технология LoRa связана с сетью интернет, что позволит осуществлять передачу на большие расстояния между двумя модулями.

На сегодняшний день такого устройства не существует, поэтому первоначально схему данного устройства можно построить на основе аппаратно программируемого набора Arduino. К плате данного набора подведены несколько аналогово-цифровых преобразователей. Соответственно, зная опорное напряжение АЦП, появляется возможность рассчитать аналоговое напряжение, присутствующее на его входе. Также в состав схемы будет включен делитель напряжения, представляющий собой две ветви с резисторами 500 и 10 кОм. Допустимое максимальное напряжение, подаваемое на плату Arduino, составляет 5 вольт. Благодаря делителю напряжения мы сможем подавать на вход платы 250 В. Между фазами КТП и измерителем будет подключено реле.

Специально написанное приложение даст возможность электромонтеру отслеживать значения напряжений на фазах КТП непосредственно со своего мобильного телефона или служебного планшета. Благодаря этому можно исключить ведение журнала с записями значений измерения, а также проводить замеры, не выходя из служебной машины.

Реле будет выполнять функцию некоего предохранителя и размыкать контакт устройства LoRa, когда измерения будут прекращены или сопряжение с мобильным устройством будет разорвано. Питание всей схемы будет осуществлять обычная батарейка. Ведь датчики, которые используют передачу информации на расстояния могут работать несколько лет при питании от обычной батарейки. Также узел LoRa может работать от обычной батарейки.

Но у данной схемы имеются свои плюсы и минусы. К преимуществам устройства относятся: компактность, невысокая стоимость, расстояние для сопряжения от 12 до 20 километров, универсальность. Недостатками данной схемы выступают: уязвимость данного устройства, невысокая надежность, погрешность, узкая полоса частот при передаче на большие расстояния.

Однако недостатки перекрывает то, что при использовании данного метода измерений можно исключить влияние погодных условий на проведение работ, обезопасить персонал, а также сделать замеры на КТП на большом расстоянии от нее. Благодаря этому значительно снизятся затраты на топливо при доставке бригады на место проведения работ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ несчастных случаев на энергоустановках, подконтрольных органам Ростехнадзора: официальный сайт. – Северо-Западное управление. – URL: http://www.szap.gosnadzor.ru/activity/energonadzor/nesc_sluch/. – Текст: электронный.

2. Климат Барнаула - Википедия. [сайт]. – Барнаул, 2023. - Обновляется ежегодно. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Климат_Барнаула/. (дата обращения: 05.04.2023). -Текст: электронный.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТРОИТЕЛЬСТВА ВЛ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МНОГОГРАННЫХ ОПОР

Петенева Ксения Юрьевна, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:k.petenyova@yandex.ru

Лавринец Ангелина Андреевна, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail: lavrinets02@mail.ru

Научный руководитель - Павличенко Илья Александрович, ассистент кафедры ЭПП, e-mail:pavlichenko22rus@gmail.com

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Со временем инженеры-энергетики стремятся найти все более экономически выгодный и надежный вариант строительства линий электропередач. На данный момент именно многогранная опора является наилучшим решением. В данной статье был проведен экономический расчет целесообразности строительства линии электропередач с использованием многогранных опор, а так же было выполнено сравнение с наиболее распространенными на данный момент опорами - металлическими решетчатыми. А также разобраны положительные и отрицательные стороны от применения многогранных опор.

Ключевые слова: многогранная опора, металлическая решетчатая опора, линия электропередач, экономическая эффективность, надежность, затраты.

Многогранная опора – опора со стойкой, выполненной в форме полых усеченных пирамид из стального листа с поперечным сечением в виде правильного многогранника.

Преимуществами многогранных опор являются:

– адаптивность (высокотехнологичность процесса изготовления и проектирования многогранных опор позволяет уменьшить время на выбор оптимального варианта, а также корректировать проект во время производства опор);

– высокая надёжность (срок службы не менее 50 лет, в сравнении с решетчатыми, срок службы которых 35-45 лет, и железобетонными, для которых 30 лет; выход из строя ВЛ происходит реже, чем у стандартных опор; нет катастрофических разрушений; многогранные опоры сохраняют технические характеристики при длительной транспортировке и хранении);

– сокращение сроков строительства (уменьшение числа опор в линии, трудоемкости монтажа и установки);

– сокращение материальных затрат (увеличение межопорных расстояний, увеличение сроков эксплуатации и сокращение расходов на транспортировку);

– транспортабельность (процесс перевозки таких опор становится менее трудозатратным, и менее продолжительным);

– вандалоустойчивость (конструкция опоры позволяет защитить опоры от нежелательно вмешательства людей);

– снижение затрат на временный и постоянный землеотвод.

Однако стоит определить и недостатки таких опор:

– сложность в выполнении такелажных работ;

– неудобство установки;

– в случае ремонта требуется применение специальной техники;

– различные климатические явления приводят к коррозии опор.

При изучении СИПР ЭЭС России на 2023-2028 года, нами было принято решение рассмотреть строительство линии между ПС Алтай и ПС Таврическая классом напряжения 500 кВ и длиной 770 км. Было принято решение проанализировать два вида опор: многогранную и металлическую решетчатую, на экономическую эффективность.



Рисунок 1 - Карта ЛЭП 500 кВ, планируемая к строительству, соединяющая ПС Алтай и ПС Таврическая

Для сравнения двух типов опор: многогранной и металлической решетчатой была проведена экономическая оценка целесообразности строительства нового типа опор. Для рассмотрения были приняты модели опор: 2МП500-3В и ПП500-7-IV

2МП500-3В - стальная двухстоечная промежуточная многогранная опора для линий 500 кВ, трехцепная, с внутренними связями.

ПП500-7-IV - стальная промежуточная переходная решетчатая опора с оттяжками для линий 500 кВ, косоугольная модификация IV.

Для расчета экономической эффективности был принят провод типа АС300/39.

Данные строительства исполняли три бригады, при этом в каждой бригаде учитывается количество монтажников-высотников, равное 7.

Таблица 1 – Экономическая эффективность от применения многогранных опор

Параметры к сравнению	Многогранные опоры	Металлические решетчатые опоры
Количество опор	2 333	3 080
Стоимость одной опоры, руб.	2587162	2 245 800
Время возведение одной опоры, часов	3	40
Затраты на транспортировку, млн. руб.	17,03	17,99
Землеотвод, м ²	10 225 801,463	15 761 300,016
Анкерный пролет, м	360	250
Сроки строительства, лет	1,5	4

Изучив данную таблицу, можно сделать вывод о том, что многогранные опоры действительно являются экономически более эффективными, чем металлические решетчатые, поскольку затраты на строительство всей линии электропередач, учитывая только опоры составило для металлической решетчатой - 6 917,1 млрд. рублей, а для многогранной - 5 533,6 млрд. рублей. При этом возведение всех опор, учитывая прочие затраты, составило: для металлической решетчатой - 7 852,9 млрд. рублей, для многогранных - 6 369,9 млрд. рублей.

В результате работы была проведена экономическая оценка двух вариантов исполнения ВЛЭП: первым проектом является применение многогранных опор, а вторым использование металлических-решетчатых. Исходя из полученных расчетов, можно прийти к выводу, что вариант с использованием многогранных опор экономически эффективнее на 18,37%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Руководство по проектированию многогранных опор и фундаментов к ним для ВЛ напряжением 110-500 кВ: Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» от 3 сентября 2010 СТО 56947007-29.240.55.054-2010 [Электронный ресурс]: URL: <https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/56947007-29.240.55.054-2010.pdf> (дата обращения: 19.03.2023)

2. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81: Свод правил Технического комитета по стандартизации ТК 465 "Строительство"

3. от 20 мая 2011 СП 16.13330.2011 (с изм.) [Электронный ресурс] : URL: <https://www.flamax.ru/upload/iblock/0ca/0ca30e537078b720c0199a7dc2c9383c.pdf> (дата обращения: 19.03.2023)

4. Гунгер Ю.Р., Лавров Ю.А. ЗАО «ВНПО ЭЛСИ» Стальные многогранные облегченные опоры для ВЛ 35-220 кВ // Новости электротехники.– 2009. – № 5.

5. Качановская Л.Н. Разработка и внедрение многогранных опор ВЛ и фундаментов для них // Международный научно-практический электроэнергетический семинар «Современное состояние вопросов эксплуатации, проектирование и строительства ВЛ». – М.: (МЭС-4), 2009.

ВНЕДРЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ПРИМЕРЕ КРУПНЕЙШИХ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОМПАНИЙ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Сабельников Александр Сергеевич, молодой ученый, e-mail:sabkvd@gmail.com
 Зимина Людмила Александровна, магистрант кафедры ЭПП, e-mail:lyusya-zimina21@mail.ru
 Научный руководитель - Белицын Игорь Владимирович, к.п.н., доцент, e-mail:b_i_w@mail.ru
 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Проведен анализ внедрения технологий с высокой энергетической эффективностью в распределительных сетях 6-10 кВ. Показанный критерии соответствия силовых трансформаторов к высокой энергетической эффективности.

Ключевые слова: энергоэффективный трансформатор, энергетическая эффективность, потери холостого хода, потери короткого замыкания.

Для целей данной статья под энергоэффективным трансформатором будет пониматься трансформатор с такими характеристиками, которые соответствуют Постановлению Правительства РФ № 600 «Об утверждении перечня...». Данные характеристики приведены в таблице 1. Из нее видно, что основными характеристиками, определяющими отношение к энергоэффективности являются количественный показатель соответствия величины потерь холостого хода не более установленного, и одновременное соответствии величины потерь короткого замыкания не более установленного [1].

Данные значения устанавливаются для конкретных номинальных мощностей силовых трансформаторов без указания класса напряжений. Так как линейка номинальных мощностей варьируется от 100 кВА до 2500 кВА будут рассматриваться наиболее многочисленные в распределительно сетевом комплексе трансформаторы напряжением 6-10 кВ [2].

Таблица 1 – Объекты и технологии, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности, на основании соответствия объектов установленным значениям индикатора энергетической эффективности [1]

Наименование объектов и технологий в соответствии с нормативно-технической документацией	Код Общероссийского классификатора основных фондов ОКОФ ОК013-2014 (СНС 2008)	Существенные характеристики объекта: Номинальная мощность трансформатора	Количественный показатель энергетической эффективности: потери холостого хода и потери короткого замыкания	
27. Трансформаторы электрические силовые	330.30.20.31.117 (машины энергосиловые и сварочные путевые и агрегаты)	S = 100 кВА	$P_{xx} \leq 250 \text{ Вт}$	$P_{кз} \leq 1750 \text{ Вт}$
		S = 160 кВА	$P_{xx} \leq 375 \text{ Вт}$	$P_{кз} \leq 2350 \text{ Вт}$
		S = 250 кВА	$P_{xx} \leq 530 \text{ Вт}$	$P_{кз} \leq 3250 \text{ Вт}$
		S = 400 кВА	$P_{xx} \leq 650 \text{ Вт}$	$P_{кз} \leq 4600 \text{ Вт}$
		S = 630кВА	$P_{xx} \leq 800 \text{ Вт}$	$P_{кз} \leq 6750 \text{ Вт}$
		S = 1000кВА	$P_{xx} \leq 1100 \text{ Вт}$	$P_{кз} \leq 10500 \text{ Вт}$

Соответствие характеристик энергоэффективного трансформатора перечню по Постановлению Постановлению Правительства РФ № 600 «Об утверждении перечня...» позволит применять нелинейный метод амортизации к таким трансформаторам и установиться повышающий коэффициент к основной норме амортизации, то есть владельцы таких энергоэффективных трансформаторов могут рассчитывать на налоговые преференции.

По стандарту СТО 34.01-3.2-011-2017, введенному ПАО «РОССЕТИ» в 2017 году «...Требования к уровню потерь холостого хода и короткого замыкания» требования, предъявляемые к уровню потерь холостого хода и короткого замыкания по Постановлению Правительства РФ № 600 «Об утверждении перечня...» соответствует категории Х2К2 [3]. Для понимания масштаба внедрения энергоэффективных технологий в распределительно сетевой комплекс рассмотрим структуру используемых силовых трансформаторов на примере крупнейшей сетевой компании Алтайского края [4]. Полученная информация приведена в таблице 2.

На уровне напряжена 6-10 кВ насчитывается 730 силовых трансформаторов, из них 651 соответствуют линейки мощностей, приведенной в таблице 1. Общее количество трансформаторов соответствующих критерию потерь холостого хода составляет не более 2,5 %, что в абсолютном отношении составляет 16 единиц.

Таблица 2 – Силовые трансформаторы напряжением 6-10 кВ

Установленная мощность, кВА	Количество трансформаторов, шт	Количество трансформаторов удовлетворяющих критерию потерь холостого хода, шт	Количество трансформаторов не удовлетворяющих критерию потерь холостого хода, шт
100	126	1	125
160	129	16	113
250	134	8	126
400	163	1	162
630	95	0	95
1000	14	0	14
Прочие	38	-	-
Всего	730	16	635

Рассмотренные данные говорят о крайне малом внедрения энергоэффективных силовых трансформаторов в распределительный сетевой комплекс, что может быть связано с высокой стоимостью таких трансформаторов по сравнению с классическими. Другим обстоятельством низкого внедрения может являться отсутствие технико-экономического обоснования применения энергоэффективных трансформаторов в конкретных условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Постановление Правительства РФ от 17.06.2015 N 600 (ред. от 08.02.2022) «Об утверждении перечня объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности» // СПС КонсультантПлюс
2. Электроэнергетика Содружества Независимых Государств. Ежегодный сборник. - Текст: электронный // Исполнительный комитет Электроэнергетического Совета СНГ: [сайт]. - URL: <http://energo-cis.ru/rumain675/> (дата обращения: 07.04.2023).
3. СТО 34.01-3.2-011-2017. Трансформаторы силовые распределительные 6 - 10 кВ мощностью 63 - 2500 кВА. Требования к уровню потерь холостого хода и короткого замыкания.
4. Паспорт электроподстанций: [док. внутреннего пользования]; ООО «ЗСК». – Барнаул, 2023 - 660 с.

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Соколов Сергей Михайлович, бакалавр кафедры ЭПП, e-mail:sergej_sokolov_2001@list.ru
Научный руководитель - Павличенко Илья Александрович, ассистент кафедры ЭПП,
e-mail:pavlichenko22rus@gmail.com

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной статье представлена информация о внедрение водородной энергетике в сферу транспорта как альтернативный источник энергии. Данный способ позволит нам сохранить окружающую среду, которая в данный момент постоянно загрязняется продуктами сжигания бензина, дизельного топлива, метана и пропана. Так же в статье рассматривается виды топлива и количества г/км выбрасываемых вредных веществ в атмосферу.

Ключевые слова: водородная энергетика, водород, автотранспортный комплекс, топливо, автомобиль, электромобиль.

Водородная энергетика - инновационное направление, которое стремится решить проблемы, связанные с экологической безопасностью и эффективностью использования энергетических ресурсов. В качестве основного средства зарядки, транспортировки, производства и потребления энергии используется водород - самый распространенный элемент в космосе, обладающий максимальной теплотой сгорания, а его единственным продуктом является вода, которая впоследствии возвращается в оборот водородной энергетике. Водородная энергетика, в свою очередь, относится к сектору альтернативной энергетике и производится при помощи возобновляемых источников энергии, таких как электролиз воды при использовании возобновляемых источников энергии. На сегодняшний день общемировое производство водорода делится на три основных источника: 78% составляет переработка природного газа и нефти, 18% - переработка угля, а 4,3% - получение «зеленого» водорода из возобновляемых источников энергии.

Переход к водородной энергетике в автотранспортном секторе становится неизбежным в связи с актуальной проблемой экологической безопасности. Кроме того, интеграция водорода в автотранспортный комплекс может существенно повлиять на структуру потребления органических энергетических ресурсов.

Таблица 1- выбросы вредных веществ.

Виды топлива	Выброс вредных веществ, г/км		
	CO	CH	NO ₂
Бензин	42	8,5	9,1
Сжиженный нефтяной газ	19	4,8	8,7
Сжатый природный газ	8,5	4,5	8,5
Бензин в смеси с водородом	3	2,8	4,55
Метанол	28	4,6	4,4
Водород	0	0	2,5

Изучив таблицу 1, можно сделать вывод о том, что при сгорании водорода выбрасывается гораздо меньше вредных веществ, чем при использовании других видов автомобильного топлива, представленных в таблице. Это делает водород более экологически чистым видом топлива. Множество экспериментальных исследований подтверждают эффективность использования водорода в качестве моторного топлива для автотранспорта, в том числе при городской езде. Водород может использоваться как в чистом виде, так и в смеси с углеводородным топливом. Благодаря высокой кинетической активности сгорания водорода, добавка всего 5-10% в бензин позволяет снизить выбросы токсичных компонентов отработавших га-

зов на 75%. При сравнении классического электромобиля и автомобиля на водородном топливе можно выделить преимущества, связанные с заправкой, которые являются одним из главных недостатков классических электромобилей.

Таблица 2 - Время полной зарядки

Модель	Мощность аккумулятора	Время полной зарядки (АС)
BMW i4	80 кВт·ч	2 ч
BMW i8	7,1 кВт·ч	2 ч
BMW i8 Coupe	7,1 кВт·ч	2 ч

Рассматривая таблицу 2, можно заметить, что классические электромобили, питающиеся от электрической сети, требуют 2 часа для полной зарядки аккумуляторной батареи. В то же время, у водородных гибридных автомобилей, как и у бензиновых, заправка на водородной заправочной станции занимает менее 5 минут. Многие автомобильные компании уже работают над разработкой автомобилей на водороде, таких как Toyota Mirai, Ford Airstream, Hyundai Nexa. Следует отметить, что автомобили на водородном топливе обладают большими перспективами, так как они не наносят вреда окружающей среде выбросами вредных веществ, и, в отличие от классических электромобилей, не требуют продолжительной зарядки. В результате, водородные автомобили могут стать более удобным и экологичным вариантом для транспорта.

Подводя вывод можно сказать, что у автомобилей на водородном топливе есть большие перспективы, так как они не вредят окружающей среде выбросами вредных веществ еще у по сравнению с классическими электромобилями их не нужно долго заряжать и соответственно не нужно долго находится на зарядной станции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сборник статей студенческих научно-практических конференций факультета агротехники и энергообеспечения кафедры инженерной графики и механики 2014-2015 г, Орел, 12 апреля 2015 года. – Орел: Орловский государственный аграрный университет, 2015. – 290 с. . – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25874855&selid=29122860> (дата обращения: 27.03.2022). – Текст: электронный.
2. Каримходжаев Н., Нумонов М.З. Сравнительный анализ токсичности выхлопных газов автомобилей и пути ее снижения // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2020. 11(80). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/10963> (дата обращения: 25.11.2020).
3. Reza R. Jazar. Vehicle dynamics. Theory and application. London: Springer, 2008, 586 p.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АВР ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ДО 1 КВ С ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТЬЮ РЕЗЕРВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Шлапак Олег Игоревич, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:shlapak.oleg4@yandex.ru

Колоколов Александр Вадимович, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:kolokolov_shura@bk.ru

Научный руководитель – Попов Андрей Николаевич, к.т.н., доцент, e-mail:oleandr78@mail.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье предоставлена информация, связанная с разработкой интеллектуального АВР, необходимостью его применения в системе электроснабжения, актуальностью его функций. Освещена проблема ограниченной мощности альтернативных источников энергии, связанная с большими затратами. Актуальность ис-

следований обусловлена тем, что ограничиться питанием от альтернативных источников экономически невыгодно, в связи с большой стоимостью данных источников.

Ключевые слова: Электроэнергетика, электроснабжение, АВР, альтернативные источники электроэнергии, электроприемники, бесперебойное питание.

АВР (автоматический ввод резерва) – устройство, предназначенное для оперативного переключения нагрузки на резервный источник. Автоматическое переключение происходит в случае выявления системой аварийных режимов работы сети или ее отключения от потребителя. Данный прибор осуществляет переключение между источниками питания без функции избирания более ответственных электроприемников [1].

Классическое устройство АВР переключает полную нагрузку на резервируемый источник питания при потере питания от основного. Имеет два входа и один выход, полная нагрузка – это все электроприемники [2]. Но резервируемый источник ограничен мощностью, в связи с высокими капиталовложениями, поэтому при переключении полной нагрузки на резерв, его мощности может не хватить.

Для этого выделим из полной нагрузки электроприемники, которые необходимы потребителю в период отключения от основного источника. Тем самым мы получаем два выхода от блока АВР:

нагрузка 1 – это электроприемники, питание которых потребитель посчитал необходимым при отключении от основного источника;

нагрузка 2 – это электроприемники, питание которых потребитель не считает необходимым в момент отключения от основного источника!

Таким образом, когда питание осуществляется от основного источника, к выходу блока АВР подключена нагрузка общая ($N1 + N2$), но при возникшей аварии, которая привела к потере электропитания от основного источника – блок АВР осуществляет включение резервного источника и подключает к нему нагрузку 1 (та необходимая нагрузка, которую выбирает сам потребитель).

На первоначальном этапе синтеза устройства интеллектуального АВР была разработана структурная схема. Интеллектуальное устройство АВР для электрических сетей до 1 кВ предназначено для рационального использования лимита мощности резервных источников питания.

Принцип работы устройства основан на сравнении и преобразовании входного сетевого напряжения, поступающего в микроконтроллер, который осуществляет управление над блоком коммутации.

Устройство функционально можно разделить на несколько блоков, каждый из которых выполняет строго определенную функцию. Структурная схема устройства, показывающая основные блоки устройства и их взаимосвязь представлена на рисунке 3.1.

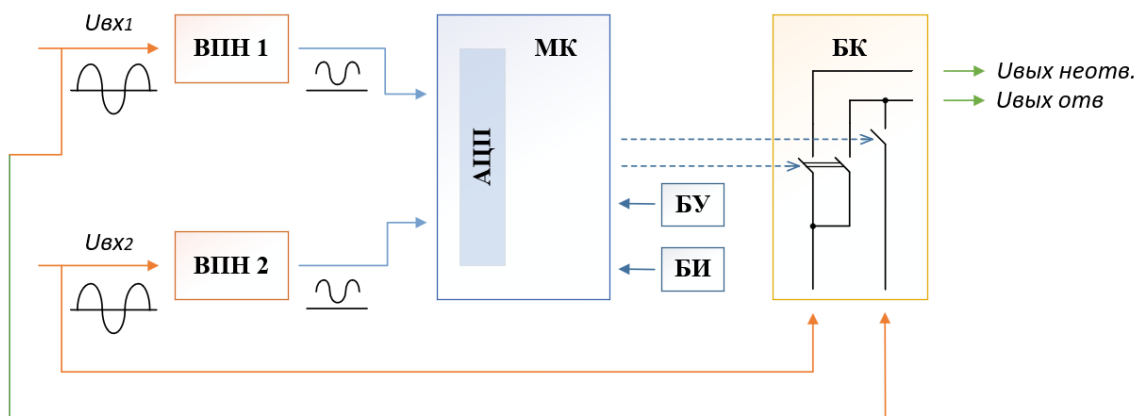


Рисунок 1 – Структурная схема разрабатываемого устройства

Входной преобразователь напряжения (ВПН) осуществляет преобразование, попадающего на его вход переменного синусоидального напряжения класса 0,4 кВ в эквивалентно смасштабированное в 100 раз с постоянной составляющей в 2,5 В.

Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) преобразует величину напряжения, поступающего от ВПН в цифровой эквивалент.

Микроконтроллер (МК) на основании поступающих от блока АЦП цифровых величин, характеризующих напряжение на основном и резервном входах, формирует определенные команды *БК* о коммутации одного из выходов.

При наличии напряжения на основном входе, блок микроконтроллера выдает команду блоку коммутации *БК* на соединение основного входа с выходами ответственных и не ответственных электроприемников.

При потере напряжения на основном входе и наличии напряжения на резервном входе, блок микроконтроллера выдает команду блоку коммутации на соединение резервного входа с выходом только ответственных электроприемников.

При потере напряжения на основном входе и отсутствии напряжения на резервном входе, блок микроконтроллера выдает команду блоку коммутации на размыкание основного и резервного входов с выходами всех электроприемников. В таком случае можно произвести ручное переключение на один из вводов при помощи *блока управления (БУ)*, для питания всех или только ответственных электроприемников при появлении напряжения на основном или резервном входе.

Если происходит снижение напряжения на основном входе, ниже установленного значения, и при наличии напряжения на резервном входе блок микроконтроллера отдает команду блоку коммутации на соединение резервного входа с ответственными электроприемниками.

Аналогично для случая снижения напряжения на резервном входе и наличии напряжения на основном входе, блок микроконтроллера отдает команду блоку коммутации на соединение основного входа со всеми электроприемниками.

Также в свою очередь *МК* распознает с какого входа происходит подача напряжения, и на основании этого формирует команды *блоку индикации (БИ)*.

Блок индикации (БИ) производит визуальное оповещение о текущей подаче напряжения с основного или резервного входов, а также его работоспособности.

Блок коммутации (БК) осуществляет коммутацию напряжений основного и резервного источников на данные выходы в соответствии с управляющими командами, поступающие от *блока микроконтроллера (МК)*.

Блок управления (БУ) предназначен для ручного управления и преобразует команды ручной коммутации входов и выходов, поступающие от оператора блоку микроконтроллера *МК* для формирования соответствующих управляющих воздействий блоку коммутации *БК*.

Таким образом, с помощью данной реконструкции классического устройства АВР будет решена проблема ограниченной мощности резервных источников. Прибор в момент отключения сети будет рационально использовать лимит мощности резервных источников для питания необходимых электроприемников, питание которых потребитель посчитал необходимым при отключении от основного ввода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. [Электронный ресурс]: Построй сам. Режим доступа: <https://postroy-sam.com/> (дата обращения: 01.04.2023).
2. [Электронный ресурс]: Хевел. Интернет – магазин. Режим доступа: <https://www.hevelsolar.com/>(дата обращения: 01.04.2023).

СЕКЦИЯ «ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ»

МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ПОДАЧИ ТОПЛИВА НА МОТОРНОМ СТЕНДЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ ДВИГАТЕЛЯ

Бобровский Дмитрий Сергеевич, магистрант кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», e-mail:bobrovskiy.d.s@yandex.ru

Научный руководитель – Свистула Андрей Евгениевич, д.т.н., профессор кафедры ДВС, e-mail:svistula_ae@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Описан метод определения угла опережения подачи топлива, который влияет на параметры работы двигателя. Произведены расчеты и построены графики, отображающие параметры двигателя, которые согласуются с реальными данными испытаний двигателя на моторном стенде. Выявлен оптимальный угол опережения подачи топлива.

Ключевые слова: угол опережения, токсичность ОГ, температуры ОГ.

Не смотря на разнообразие современных технологий в автомобильной промышленности, самым эффективным вариантом остаются классические двигатели внутреннего сгорания. В двигателестроении необходимо уделять внимание множеству параметров, влияющих на рабочий процесс двигателя. Одним из них является угол опережения подачи топлива.

Правильность установки угла опережения подачи топлива важна при эксплуатации двигателя, так как угол прямо влияет на рабочие параметры, такие как: температура и состав выхлопных газов, удельный расход топлива, крутящий момент, мощность. Так как двигателя производятся для определенных целей и должны иметь необходимую мощность, их необходимо регулировать для достижения нужных параметров. Если крутящий момент и мощность можно достичь регулировкой топливного насоса, то температуру и состав выхлопных газов при требуемой мощности можно исправить лишь увеличением угла опережения подачи топлива.

Для описания метода определения угла опережения подачи топлива взят двигатель типа 20, дизельный, четырёхтактный, 6 цилиндровый, V-образный, номинальная частота вращения 2600 оборотов в минуту, мощностью 300 лошадиных сил.

Если во время испытаний двигателя на моторном стенде наблюдаются повышенные температуры выпускных газов и расход, то необходимо регулировать угол опережения подачи топлива.

Определение угла опережения производится на моторном стенде, который состоит из опоры двигателя, на которой он зафиксирован, топливного, масляного и охлаждающего баков, подключенных замеров, для контроля основных параметров, топливоподкачивающего насоса, а также редуктора, который посредством рейки воздействует на рычаг управления топливного насоса.

Проверка угла опережения производится по третьему левому цилиндру из соображений удобства регулировки в эксплуатации. Для начала необходимо демонтировать трубки высокого давления левого блока. Далее поршень устанавливается на такт сжатия, после чего извлекается форсунка с целью определения правильности установки стрелки, прикрепленной к блок-картеру (рис.1). Сама стрелка указывает на угол поворота коленчатого вала, который отображен на градуированном венце маховика. После снятия форсунки на её место устанавливается регляж (рис 2.). Медленно вращая венец маховика необходимо нажать на регляж и наблюдать за его стрелкой. Не доводя трех делений венца маховика до верхней мертвой точки, которая соответствует 120 градусам поворота коленчатого вала, необходимо установить на регляже нулевое деление, после чего продолжить вращение маховика. При достижении верхней мертвой точки, стрелка регляжа начнет возвращаться в нулевое положение. Когда стрелка регляжа достигла нуля, проверяется стрелка на блок-картере. Если она указывает на

три деления после ВМТ, то стрелка установлена правильно и можно приступать к определению угла опережения подачи топлива.

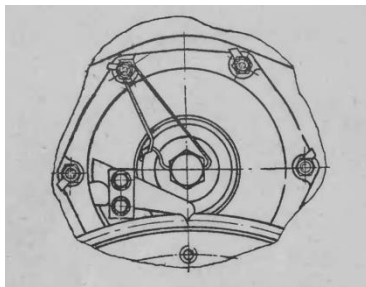


Рисунок 1 – Стрелка блок-картера



Рисунок 2 – Регляж

Для проверки угла опережения на нагнетательный клапан третьего левого цилиндра устанавливается приспособление для регулировки угла опережения (рис. 3). Во избежание изгиба упора, следует его немного вывернуть из корпуса, упор при этом должен отжимать нагнетательный клапан. Затяжка корпуса, штуцера и накидной гайки должна обеспечивать отсутствие течей топлива. Далее коленчатый вал проворачивается против хода на 40-60 градусов до ВМТ. Рычаг управления топливным насосом отводится до упора, который соответствует максимальной частоте вращения. Это обеспечивает полную подачу топлива. Затем необходимо включить топливоподкачивающий насос для создания давления в топливной системе. Теперь можно наблюдать струю топлива из носка трубки приспособления для регулирования. Далее, вращая коленчатый вал по ходу, остановить его в момент прекращения течи топлива. Данное положение будет соответствовать началу подачи топлива. Отсчитав количество делений на венце маховика от стрелки на блок-картере до отметки, соответствующей ВМТ, определить угол опережения подачи топлива, который должен составлять 26-27 градусов до верхней мертвой точки. В ином случае необходимо регулировать угол опережения.

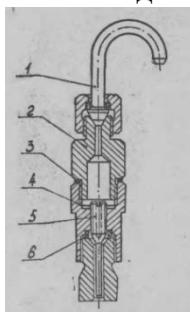


Рисунок 3 – Приспособление для регулировки угла опережения:

1 - трубка; 2 – штуцер; 3 – прокладка; 4 – корпус; 5 – упор; 6 – кольцо уплотнитель

С помощью программы Diesel RK были выполнены расчеты газообмена. На графике (рис. 4) можно наблюдать температуры выпускных газов в зависимости от угла поворота коленчатого вала. Температура при УОПТ= 25 достигает 860 К, когда при УОПТ=27 температура составляет 810 К. По причине высоких температур в отработавших газах увеличено об-

разование оксидов азота[1]. Оксиды азота при взаимодействии со слизистыми оболочками вызывают раздражающее действие [2]. Также наблюдается повышенное сажеобразование, которое имеет канцерогенный эффект, так как сажа впитывает бензо- α -пирены и задерживается в лёгких.

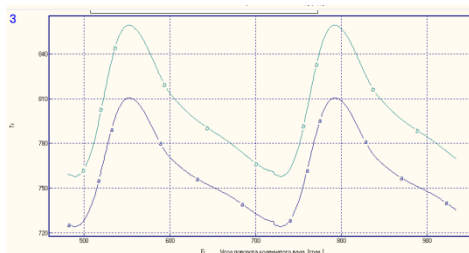


Рисунок 4 – Температуры выхлопных газов при разных УОПТ

Анализируя полученные данные, можно заключить, что правильно выставленный угол опережения подачи топлива положительно влияет как на температуру выпускных газов, которые не должны превышать предел при эксплуатации двигателя в объекте, так и на концентрации вредных веществ в выхлопных газах. Для дизеля типа 20 угол опережения находится в промежутке 26-27 градусов до ВМТ, что является оптимальным вариантом, так как помимо выброса вредных веществ, при увеличении УОПТ снижаются мощность и крутящий момент двигателя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лукин С.Э., Потапов С.А., Чесноков С.А. Образование токсичных оксидов азота и углерода в автомобильных двигателях //Известия ТулГУ. Технические науки. 2015. №5-1.
2. Абдурахманова Э.Г. Влияние выхлопных газов на организм человека // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. №1.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ ДВС

Ермак Максим Сергеевич, студент кафедры ДВС, e-mail:ermakmaksim001@mail.ru
 Научный руководитель - Сеницын Владимир Александрович, д.т.н., профессор,
 e-mail:prorektor_agtu@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье анализируется проблема повышения технико-экономических показателей двигателей внутреннего сгорания путем регулирования степени сжатия. Рассматриваются конструкции двигателей внутреннего сгорания, имеющих различные способы и механизмы регулирования степени сжатия. Приводятся сравнительные характеристики двигателей внутреннего сгорания, имеющих регулируемую степень сжатия.

Ключевые слова: регулирование, степень сжатия.

Параметры ДВС возрастают с ростом степени сжатия ϵ . При значениях $\epsilon = 13-14$ показателя ДВС не растут вследствие значительного роста механических потерь.

Степень сжатия $\epsilon_{в}$ дизелях составляет $\epsilon = 17...25$. В двигателях бензиновых степень сжатия находится в пределах $\epsilon = 6,5...12$.

В бензиновых двигателях ϵ ограничивается параметрами детонации. В дизелях ϵ определяется исходя из условий обеспечения надежного самовоспламенения топлива при пуске холодного ДВС.

Выполненный анализ литературных источников показал, что для бензинового двигателя, и для дизеля регулирование степени сжатия может обеспечить снижение расхода топлива до 20%.

Ранее считалось, что ϵ является неизменным конструктивным параметром двигателя, таким как, например, диаметр цилиндра.

Однако появились экспериментальные конструкции двигателей с принудительным воспламенением с изменяемой ϵ .

Другие конструкторы двигателей внутреннего сгорания с целью регулирования степени сжатия изменяли высоту подъема коленчатого вала, коренные шейки которого располагались в специальных эксцентриковых муфтах, приводимых в действие через шестерни электромотором.

На режимах средних нагрузок регулирование ϵ приводило к снижению расхода топлива в полтора-два раза.

В начале двадцатого века был разработан двигатель фирмы SAAB: число цилиндров – 5, объем - 1,6 л, $N_e = 225$ л. с. и крутящий момент $M_k = 307$ Нм, при этом удельный эффективный расход топлива снизился на 28%, а за счет регулируемой ϵ ДВС мог работать на любом бензине.

Французские исследователи предложили свою конструкцию ДВС с регулируемой ϵ . В разработанном авторами 1.5-литровом моторе ϵ изменялась от 7 до 18, при этом двигатель развивал мощность 220 л. с. и крутящий момент 420 Нм.

В разработанной авторами конструкции двигателя передача движения от шатуна на поршни осуществляется через зубчатый сектор, установленный на шатуне.

С правой стороны располагалась зубчатая рейка, на которую опирается сектор. С левой сектор соединен с зубчатой рейкой, осуществляющей возвратно-поступательные движения, на конце которой расположен поршень. Опорная рейка соединена с управляющим цилиндром, который по сигналу блока управления смещает рейку вверх или вниз, что в свою очередь, изменяет положения ВМТ и НМТ поршня.

Разработанный двигатель с регулируемой степенью сжатия был установлен на автомобиль на Peugeot 407.

Изучение характеристик двигателей с регулируемой степенью сжатия показывает, что при значении нагрузки до $p_e \approx 0,4$ МПа двигатель работает с максимальным значением ϵ . С ростом нагрузки (от $p_e \approx 0,2$ МПа до $p_e \approx 0,4$ МПа) растёт p_{\max} от $\approx 6,5$ МПа до $\approx 8,0$ МПа. Величина степени сжатия не меняется, так как давление газа в цилиндре ещё не достигает величины, необходимой для начала работы системы регулирования ϵ .

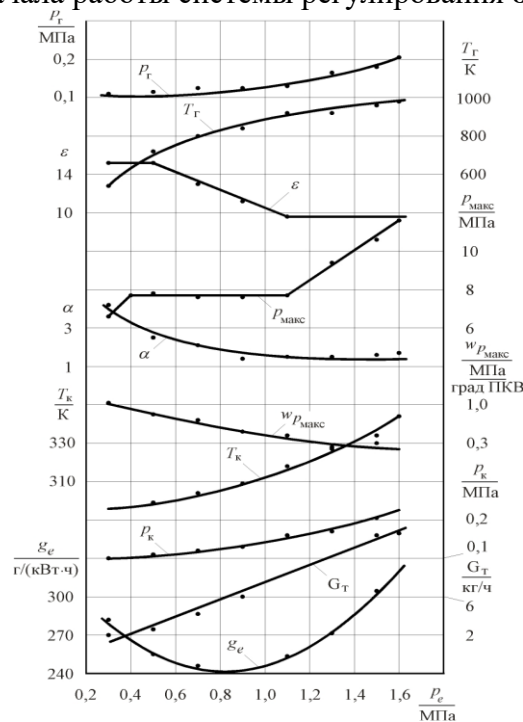


Рисунок 1 - Изменение показателей дизеля с изменяемой степенью сжатия при работе по нагрузочной характеристике ($n = 1250$ мин⁻¹; $\epsilon_{\min} = 10$; $\epsilon_{\max} = 16$)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тер-Мкртчян Г.Г. Двигатели внутреннего сгорания с нетрадиционными рабочими циклами: учеб. пособие / Г.Г. Тер-Мкртчян. – М.: МАДИ, 2015. – 80 с.
2. Шароглазов Б.А., Фарафонов М.Ф., Клементьев В.В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов: Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания». – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.
3. <https://dvizhok.su/parts/dvigateli-s-izmenyaemoj-stepenyu-szhatiya-ot-saab-do-infiniti>.

УПРАВЛЕНИЕ СНИЖЕНИЕМ NO_x ПУТЕМ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ОГ

Киселев Данил Григорьевич, студент кафедры ДВС, e-mail: danil-yotoya@mail.ru,
Научный руководитель - Сеницын Владимир Александрович, д.т.н., профессор,
e-mail: prorektor_agtu@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье анализируется проблема повышения технико-экономических показателей двигателей внутреннего сгорания путем организации перепуска отработавших газов. Рассматриваются конструкции двигателей внутреннего сгорания, имеющих различные способы перепуска отработавших газов. Сделаны выводы о достоинствах и недостатках рассматриваемой системы.

Ключевые слова: регулирование, перепуск, отработавшие газы.

Обзор литературных источников показывает, что в отработавших газах дизелей наиболее опасными являются углеводороды, оксиды углерода и оксиды азота. С первыми двумя довольно эффективно справляются катализаторы и система обратной связи, широкополосные лямбда зонды, количество оксидов же азота не так просто понизить. С целью снижения выбросов оксидов азота была разработана система рециркуляции выхлопных газов.

Перед тем как перейти к разбору принципа работы EGR, стоит понять, из-за чего происходит рост оксидов азота в ОГ.

С учетом того, что катализатором реакции горения является кислород, очевидна прямая зависимость температуры в камере сгорания от количества кислорода.

Следовательно, чтобы снизить количество оксидов азота стоит, уменьшить количества кислорода в горючей смеси.

Так как нельзя убрать часть воздуха (кислорода) поступающего в цилиндр на этапе впуске, так как это приведет к изменению степени сжатия, что существенно изменит характеристики двигателя.

Содержание кислорода можно существенно уменьшить, смешивая его с отработавшими газами двигателя. В итоге значительно сокращается температура сгорания смеси и токсичность ОГ.

Стоит обратить внимание, на перепускной клапан хоть и на двух схемах он изображён максимально разным, если на первом он представлен в виде дроссельной заслонки, то на втором клапан конусообразной формы. Но функция у него одна – регулировать перепуск отработавших газов. И стоит сказать, что он является главной деталью в EGR.

Данный клапан имеет 2 типа конструкции:

1. Пневмомеханический и 2. Цифровой.

Автомобили оборудованные EGR с пневмомеханическим клапаном рециркуляции, появились в 70-х годах и соответствовали стандартам ЕВРО-2 и 3.

В современных ДВС максимальное открытие клапана осуществляется на режиме холостого хода и обеспечивается подача до 50% объема ОГ на впуск.

Далее рассмотрим принцип работы пневмомеханического клапана (рисунок 1).

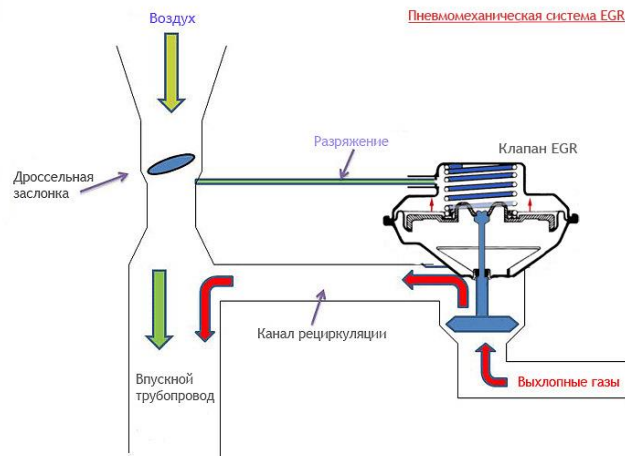


Рисунок 1 - Пневмомеханическая система EGR

В пневмомеханических системах клапан удерживается в закрытом состоянии пружиной. При разрежении в вакуумной полости мембрана преодолевает сопротивление пружины и открывает клапан. Отработавшие газы по каналу попадают в задрессельную зону впускного коллектора.

Патрубок клапана EGR подключается к впускному коллектору в области дроссельной заслонки. На режимах холостого хода и при торможении дроссельная заслонка закрыта, разрежение над заслонкой практически отсутствует, клапан EGR закрыт. При средних нагрузках двигателя дроссельная заслонка приоткрыта, и так как под ней возникает разрежение, то клапан EGR открывается. При полной мощности дроссельная заслонка открыта, разрежение в области дроссельной заслонки слабое, клапан EGR будет закрыт.



Рисунок 2 – Система EGR с датчиком давления выхлопных газов

В электропневматических системах работой клапана управляет контроллер двигателя на основании показаний датчиков. В зависимости от того, какой датчик является основным, различают четыре типа систем:

- с датчиком противодавления ОГ;
- с датчиком температуры ОГ;
- с датчиком положения клапана **EGR**;
- с датчиком давления на впуске **MAP** (либо датчиком массового расхода воздуха **MAF**) вместе с датчиком кислорода (лямбда - зондом).

Выполненные на кафедре двигателей внутреннего сгорания АлтГТУ исследования влияния межцилиндрового перепуска ОГ на параметры рабочего процесса дизеля 4Ч 10,5/12 позволяют утверждать, что:

- охлаждение перепускаемых ОГ приводит к уменьшению концентрации сажи в цилиндре дизеля, что в итоге приводит к значительному (на 15-20%) снижению радиационного теплообмена;

- с применением межцилиндрового перепуска неохлаждаемых ОГ токсичность ОГ по основным компонентам NOx и CO уменьшается.
- добавка воды к ОГ с целью их охлаждения приводит к уменьшению выбросов сажи во всем диапазоне нагрузок двигателя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Губин М.А. Снижение вредных выбросов дизеля организацией межцилиндрового перепуска отработавших газов, охлажденных водой [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / М.А.Губин. - Ленинград, 1986. – 16 с.
2. Повышение топливной экономичности, улучшение экологических показателей тракторных дизелей путем применения альтернативных топлив [Текст] / Д.Д. Матиевский, М.А. Челябинков, М.А. Губин, В.А. Сеницын // Научно-технический прогресс в машиностроении: тез. докл. - Барнаул, 1987. - С. 31-33.
3. Сеницын В.А. Постановка и численное решение задачи о локальном радиационном теплообмене в камере сгорания дизеля [Текст] / В.А. Сеницын // Известия вузов. Машиностроение. - 1994. - N7-9. - С. 88-94.
4. Закомолдин И.И. Критические, предельные, безопасные уровни температур характерных точек деталей ЦПГ по верхнему и нижнему пределу [Текст] / И.И.Закомолдин, В.А.Сеницын //Научн. вестник, № 26, ЧВВАКИУ им. П.А.Ротмистрова. - Челябинск, 2010. - 219 с.

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ И ИНДИКАТОРНАЯ ДИАГРАММА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ Д-3041

Колесов Александр Витальевич, студент кафедры ДВС, e-mail:alexander.kolesov.01@mail.ru
Научный руководитель - Свистула Андрей Евгеньевич, д.т.н., профессор,
e-mail:svistula_ae@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В работе приведена методика с блок-схемой и результаты теплового расчета двигателя внутреннего сгорания на базе дизеля Д-3041. Выполнено графическое построение индикаторной диаграммы. Дано описание происходящих процессов и характерных точек индикаторной диаграммы.

Ключевые слова: ДВС, степень сжатия, эффективное давление, КПД, впуск, выпуск.

Дизели серии Д-3040 предназначены для установки на сельскохозяйственные и промышленные тракторы, комбайны, лесопромышленные машины, дорожно-строительную технику, силовые агрегаты различного назначения.

Исследование проводим методом Гриневецкого - Мазинга [1, 2]. Метод теплового расчёта Гриневецкого - Мазинга состоит из следующих блоков: проверка степени форсирования двигателя; определение параметров рабочего тела; параметры процессов газообмена и сжатия; параметры процессов сгорания и расширения; индикаторные и эффективные показатели, основные размеры двигателя (рисунок 1).

Исходные данные для расчёта двигателя:

1. Базовый двигатель Д-3041
2. Число цилиндров (i)-4
3. Диаметр поршня (D)-130мм
4. Ход поршня (S)-140мм
5. Частота вращения (n)-2000мин⁻¹
6. Номинальная мощность (Ne)-132кВт
7. Степень сжатия (E)-16,5
8. Коэффициент избытка воздуха (α)-1,8



Рисунок 1 - Блок-схема теплового расчета

Результаты расчёта:

1. Литраж двигателя (V_l)=7,43 л
2. Среднее эффективное давление (P_e)=1,066 МПа
3. Среднее индикаторное давление (P_i)=1,279 МПа
4. Максимальное давление сгорания (P_z)=12 МПа
5. Удельный расход топлива (g_e)=215 г/кВт*ч
6. Индикаторная мощность (N_i)=158,4 кВт
7. Эффективный кпд (η_e)=0,397

По результатам расчёта строится индикаторная диаграмма (рисунок 2)

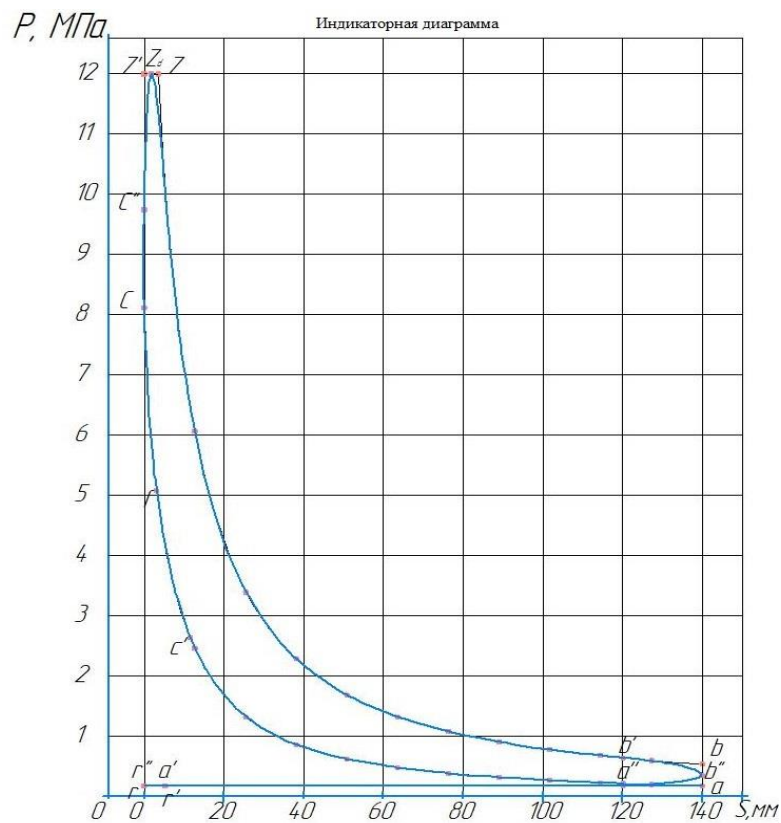


Рисунок 2 - Индикаторная диаграмма

Точка a' соответствует началу открытия впускного клапана, а закрытие-точка a'' . Точка b' соответствует началу открытия выпускного клапана, а закрытию точка r' . Процесс впуска топливно-воздушной смеси характеризуется отрезком ra . Процесс сжатия на индикаторной диаграмме характеризуется кривой ac , которая показывает, как увеличивается давление в цилиндре по мере уменьшения объема рабочей смеси при такте сжатия. Процесс сгорания рабочей смеси на индикаторной диаграмме изображается прямой линией cz' , которая показывает, что процесс сгорания происходит с быстрым (за несколько миллисекунд) повышением давления газов при постоянном их объеме. zz' - подвод теплоты при постоянном давлении. Процесс расширения характеризуется на индикаторной диаграмме кривой zb , показывающей, как уменьшается давление в цилиндре по мере увеличения объема вследствие перемещения поршня при такте расширения. Процесс выпуска отработавших газов из цилиндра на индикаторной диаграмме изображается кривой $b'r$ [1, 2].

Площадь индикаторной диаграммы F представляет собой индикаторную работу L_i цикла, которая связана со средним индикаторным давлением формулой:

$$P_i = \frac{F_{aczb'a} \cdot \mu_p \cdot \mu_v}{V_h}, \text{ МПа,}$$

где, V_h - рабочий объем (л), μ_p, μ_v - масштабы.

Таким образом, зная среднее индикаторное давление, можно вычислить индикаторную мощность:

$$N_i = \frac{P_i \cdot V_h \cdot n \cdot i}{30 \cdot \tau_{дв}}, \text{ кВт,}$$

где, V_h - рабочий объем цилиндра (л),

n - частота вращения коленчатого вала (мин^{-1}), $\tau_{дв}$ - тактность.

Формула для расчёта среднего эффективного давления двигателя:

$$P_e = P_i - P_m, \text{ МПа,}$$

где, P_i - среднее индикаторное давление (МПа),

P_m - давление механических потерь (МПа)

Формула для расчёта эффективной мощности двигателя:

$$N_e = \frac{V_h \cdot P_e \cdot n}{120}, \text{ кВт,}$$

где, V_h - рабочий объем цилиндра (л),

P_e - среднее эффективное давление двигателя (МПа),

n - частота вращения (мин^{-1})

В итоге, в результате исследования, спроектирован рабочий процесс двигателя с заданными параметрами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учебное пособие для ВУЗов./А.И.Колчин, В.П. Демидов. - М.: Высш. Школа, 2002. – 496 с.
2. Кулманаков С.П. Тепловой расчет ДВС: учебное пособие / С.П.Кулманаков, С.С. Кулманаков; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2016.- 96 с.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ

Кончиков Никита Евгениевич, студент кафедры ДВС, e-mail: nik.konchikov@bk.ru,
Научный руководитель - Сеницын Владимир Александрович, д.т.н., профессор,
e-mail: prorektor_agtu@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье анализируется проблема повышения технико-экономических показателей двигателей внутреннего сгорания путем реализации принципов системы автоматического регулирования температуры (САРТ) охлаждения деталей ДВС. Рассматриваются принципы конструирования САРТ для двигателей внутреннего сгорания, имеющих различные способы охлаждения.

Ключевые слова: регулирование, температура, охлаждающая жидкость.

Разработка дизелей во многом зависит от качественного охлаждения деталей ЦПГ. Рост мощностей дизелей до уровня 80...90 кВт/л вызывает рост термических напряжений в деталях цилиндра-поршневой группы, которые могут быть соизмеримы с нагрузками от сил давления газов в цилиндре. Поэтому вопрос поддержания оптимального температурного уровня деталей ЦПГ является актуальным.

К системам охлаждения ДВС предъявляются различные требования. Эти требования во многом определяют конструкцию системы автоматического регулирования теплового состояния двигателей (САРТ).

Проведенный автором анализ литературных источников показал, что лучшими возможностями обладают средства электронной автоматики, позволяющие оптимизировать не только параметры рабочего процесса двигателя, но и его САРТ. САРТ включают электронные блоки, осуществляющие обработку информации, связанную с значениями температур деталей двигателя и вырабатывающие оптимальное решение.

В конце 20 века мощность ДВС начала резко расти, требования экологии - ужесточаться. На смену обычному термостату в системе автоматического регулирования температуры охлаждающей жидкости (ОЖ) двигателя пришел электронно управляемый термостат.

В электронно управляемом термостате регулирование температуры ОЖ связано напрямую с режимом нагружения и характером движения транспортного средства. В современных системах электронного управления температурой ОЖ используется также управление электрической водяной помпой, однако ее надежность пока невысока.

Анализ существующих систем охлаждения автомобильных ДВС и основные тенденции их развития.

Система охлаждения дизеля разрабатывается для обеспечения безаварийной температуры деталей ДВС и выполняет следующие функции:

- прогрев воздуха в отопительной системе, системе вентиляции и кондиционирования;
- охлаждение масла в смазочной системе;
- охлаждение ОГ;
- охлаждение наддувочного воздуха и ряд других.

От того, какой способ применяется для обеспечения оптимальной температуры ОЖ, различают три вида системы охлаждения. В первой системе тепловой поток от деталей ЦПГ двигателя отводится потоком ОЖ. Воздушная система для охлаждения использует поток воздуха. Комбинированная система объединяет жидкостную и воздушную системы.

Система охлаждения двигателя включает радиатор охлаждающей жидкости, масляный радиатор, теплообменник отопителя, вентилятор радиатора, центробежный насос, а также расширительный бачок и термостат.

Целью работы радиатора системы рециркуляции отработавших газов снижение температуры сгорания топливно-воздушной смеси и образования оксидов азота.

На ДВС большой мощности применяют САРТ с термостатом с электрическим подогревом с двухступенчатым регулированием температуры ОЖ.

Основными элементами САРТ температурой ОЖ датчик температуры ОЖ, электронный блок управления (ЭБУ) и исполнительные устройства (ИУ).

Датчик температуры ОЖ определяет ее значение и преобразует его в электрический сигнал.

Сигналы от датчика принимает ЭБУ и преобразует их в управляющие воздействия на ИУ. Используется блок управления двигателем с соответствующим программным обеспечением.

САРТ двигателя внутреннего сгорания может включать следующие ИУ: нагреватель термостата, реле дополнительного насоса ОЖ, блок управления вентилятором радиатора и другие ИУ.

В двигателях с электронной системой управления температурой ОЖ алгоритм работы основывается на математической модели, которая учитывает такие параметры, как температура ОЖ, температуру масла в системе смазки, температуру окружающего воздуха и др.).

Центробежный насос обеспечивает принудительную циркуляцию ОЖ. Движение жидкости осуществляется через «рубашку охлаждения» двигателя. При этом происходит охлаждение деталей ЦПГ ДВС и нагрев ОЖ.

На автомобилях, оборудованных системой наддува, применяется двухконтурная система охлаждения, в которой первый контур отвечает за охлаждение деталей цилиндропоршневой группы, другой - за охлаждение наддувочного воздуха.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Якубович А.И. Системы охлаждения тракторных и автомобильных двигателей. Конструкция, теория [Текст]: учебное пособие для вузов / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок - Минск: 2013. 217 с.

2. Журавлев С.А., Драгомиров М.С., Гуськов В.Ф. Основные результаты лабораторных исследований автомобильных термостатов. - Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей [Текст]: Материалы XI международной научно-практической конференции / С.А. Журавлев, М.С. Драгомиров, В.Ф. Гуськов – Владимир, 2008. – 257 с.

3. Анализ комплексной системы автоматического регулирования частоты вращения вала дизельного двигателя и температуры охлаждающей жидкости [Текст]: МГТУ им. Н.Э. Баумана, / В.А. Марков, С.Н. Девянин, Л.Л. Михальский.- Москва, 2013, 19с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВС ПОСРЕДСТВОМ КОМБИНИРОВАННОГО НАДДУВА

Саночкин Алексей Сергеевич, аспирант кафедры ДВС, e-mail: asanochkin96@mail.ru

Ошкало Евгения Сергеевна, аспирант кафедры ДВС, e-mail: janusik-96@mail.ru

Научный руководитель – Свистула Андрей Евгениевич, д.т.н., профессор,
e-mail: svistula_ae@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Наддув двигателей внутреннего сгорания – один из способов повышения их эффективности. Наиболее эффективным видом наддува является газотурбинный наддув (ГТН). Газодинамический наддув (ГДН) является одним из самых распространённых видов безагрегатного наддува. Было рассмотрено применение ГТН совместно с ГДН (комбинированный наддув) на дизеле 6ЧН13/14. Негативного влияния на турбокомпрессор выявлено не было, при этом было достигнуто повышение максимального крутящего момента на 10%, рост расхода воздуха и снижение температуры отработавших газов на определенных скоростных режимах.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, эффективные показатели двигателя, наддув двигателей внутреннего сгорания, газотурбинный наддув, газодинамический наддув, комбинированный наддув.

Повышение эффективности двигателей внутреннего сгорания (ДВС) – актуальная тема для исследования ввиду того, что к современным ДВС предъявляются очень жесткие тре-

бования. ДВС должен выдавать высокую мощность с минимально возможного рабочего объема двигателя, быть надежным, экономичным, соответствовать экологическим требованиям, которые с каждым годом все более и более ужесточаются.

Одним из методов повышения эффективности ДВС является применения наддува.

Наддув в двигателях внутреннего сгорания - это способ увеличения весового количества свежего заряда, поступающего в цилиндры двигателя, что позволяет добиваться увеличения эффективных и экологических показателей двигателя.

К эффективным показателям ДВС относятся: среднее эффективное давление P_e , эффективная мощность N_e , эффективный КПД η_e и удельный эффективный расход топлива g_e .

Наддув можно разделить (рисунок 1) на два основных вида: агрегатный и безагрегатный. Также возможны варианты совмещения разных видов наддува, что носит название «Комбинированный наддув».

Агрегатный наддув разделяется на следующие категории: газотурбинный наддув, механический наддув, наддув с иным видом привода (электродвигатель).

Безагрегатный наддув разделяют на следующие виды: наддув за счет использования кинетической энергии воздуха, движущегося относительно приемного устройства, в котором она при торможении потока преобразуется в потенциальную энергию давления (скоростной наддув), наддув за счет волновых процессов, происходящих во впускном коллекторе двигателя (газодинамический наддув) и наддув посредством волнового обменника давления.

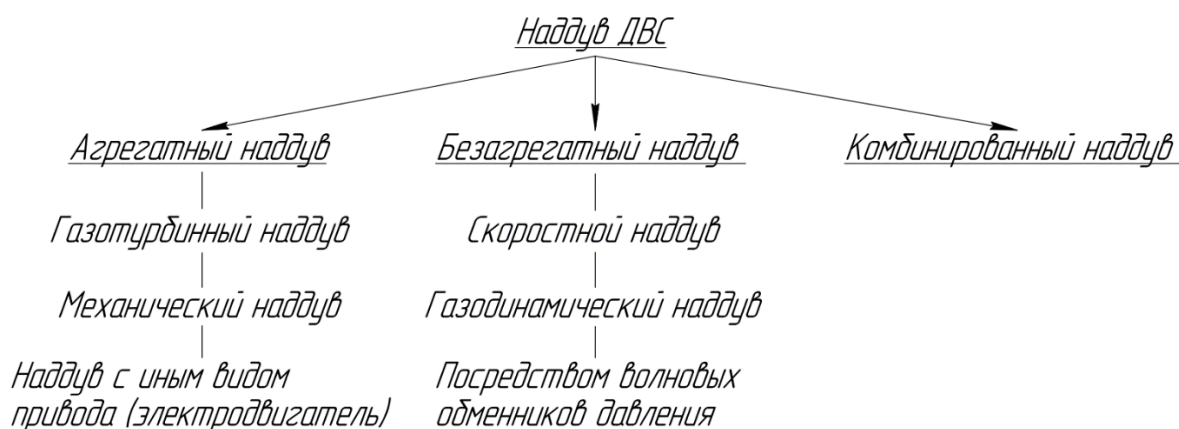


Рисунок 1 – Виды наддува

Самым распространенным и эффективным видом наддува считается газотурбинный наддув, либо же комбинированный наддув, в составе которого применяется газотурбинный наддув.

При газотурбинном наддуве воздух в цилиндры двигателя нагнетается посредством центробежного компрессора. Компрессор приводится посредством турбины, работающей на выхлопных газах ДВС. Рабочее колесо турбины механически связано с колесом компрессора. Данный агрегат наддува называется турбокомпрессором [1].

Газодинамический наддув является наиболее распространенным среди безагрегатных видов наддува. Его источник – волновые явления, происходящие во впускном коллекторе ДВС [2]. Реализуется газодинамический наддув посредством применения трубопроводов впускного коллектора определенной длины. Длина подбирается таким образом, чтобы волна давления подходила ко впускному клапану в тот момент, когда он открыт (наиболее благоприятный момент – дозарядка) [3].

Рассмотрим применение комбинированного наддува (газотурбинного наддува совместно с газодинамическим наддувом).

На кафедре ДВС АлтГТУ им. И.И. Ползунова проводились исследования (рисунок 2) применения комбинированного наддува с целью повысить коэффициент избытка воздуха на

тех режимах, где при использовании только газотурбинного наддува происходит его снижение, что негативно сказывается на параметрах двигателя [4].

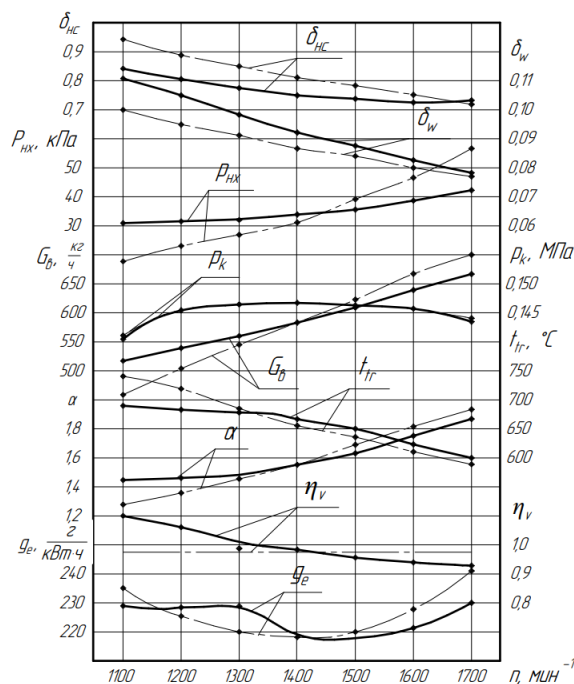


Рисунок 2 – Результаты испытаний двигателя 6ЧН13/14

— - двигатель с комбинированным наддувом,

— - — - двигатель с газотурбинным наддувом.

При применении комбинированного наддува было отмечено:

- давление наддува практически не изменилось;
- повышение максимального крутящего момента на 10%;
- снижение удельного эффективного расхода топлива в диапазоне частот вращения коленчатого вала выше 1400 мин⁻¹ и повышение в диапазоне 1160 – 1400 мин⁻¹;
- повышение расхода воздуха в диапазоне частот вращения коленчатого вала 1100 – 1400 мин⁻¹ (что приводит к повышению коэффициента избытка воздуха на этих режимах);
- снижение температуры отработавших газов в диапазоне частот вращения коленчатого вала 1100 – 1300 мин⁻¹.

Из всего этого можно сделать вывод, что применение комбинированного наддува может позволить повысить значение максимального крутящего момента, улучшить показатели расхода воздуха на тех скоростных режимах, где при применении только газотурбинного наддува происходит снижение коэффициента избытка воздуха, понизить удельный эффективный расход топлива в определенных диапазонах частот вращения коленчатого вала. Учитывая то, что показатели давления наддува не изменились можно сказать о том, что негативного влияния на турбокомпрессор газодинамический наддув не оказывает.

Если применить систему с несколькими длинами трубопроводов и переключать их в зависимости от скоростного режима, то, вероятно, можно получить более высокие эффективные показатели двигателя [5].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кухарёнок Г.М. Агрегаты наддува: учебно-методическое пособие по дисциплине «Газодинамика и агрегаты наддува» для студентов специальности 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания» заочной формы обучения / Г.М. Кухарёнок. – Минск: БНТУ, 2012. – 50 с.
2. Саночкин А.С. Газодинамический наддув силовых агрегатов стационарных дизель-генераторов / А.С. Саночкин, А.Е. Свистула, М.Э. Брякотин // Состояние и инновации техни-

ческого сервиса машин и оборудования: материалы XIII междунар. научно-технической конф., посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т. – Новосибирск, 2021. – С. 215-219.

3. Саночкин А.С. Повышение эффективности выработки электроэнергии автономным источником путем совершенствования силового агрегата посредством газодинамического наддува / А.С. Саночкин, А.Е. Свистула, М.Э. Брякотин // Энергетика и энергосбережение: теория и практика. Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, 7-9 декабря 2022. [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева»; Под ред.: Р.В. Беляевский, И.А. Лобур. – Кемерово: КузГТУ, 2023. – 1 электрон. опт. диск.

4. Брякотин М.Э. Повышение технико-экономических показателей двигателя постоянной мощности с газотурбинным наддувом путем настройки впускной системы: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 / Брякотин Максим Эдуардович; Алт. гос. техн. ун-т им И.И. Ползунова, 1996. – С.270-275.

5. Крайнюк А.И. Регулируемые системы газораспределения ДВС: монография / А.И. Патрахальцев. – Луганск: Изд. ВНУ им. В. Даля, 2006. – 232 с. – ISBN 966-590-586-4.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИНВЕРСИОННОЙ КОМПОНОВКИ КОТЛОВ

Сурин Дмитрий Евгеньевич, аспирант кафедры КиРС, e-mail:surin-99@bk.ru

Научный руководитель – Пузырев Евгений Михайлович, д.т.н., e-mail:pem-energo@list.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

Рассмотрена инверсионная схема компоновки топки в котельных агрегатах и их применение. Дано сравнение данного компоновочного решения с уже устоявшейся П-образной и другими компоновками топочных камер котлов. Приведенописание основных элементов котельного агрегата, их расположение. Выполнен анализ топочного процесса с выявлением его преимуществ и недостатков.

Ключевые слова: топочный процесс, котел, котельный агрегат, компоновка, инверсионная компоновка, параметры пара.

При разработке котлов наиболее важной является задача выбора схемы компоновки топки и газоходов котла. На сегодня известны различные типы компоновок, и часто они зачастую именуется по буквам с похожей формой, например, П, Т, U–образные, с башенной компоновкой, с одним, с N, с W и другими типами расположения газоходов котла. При этом схему компоновки топки и газоходов котла нужно чётко отличать от схемы компоновки горелок в топочном объёме топки. Известны горелки с L и U – образным факелом, а также горелки, расположенные в топке по встречной, встречно-смещённой, угловой (тангенциальной) и подовой схеме их установки.

Первая из рассматриваемых, инверсионная схема компоновки топки, причем с W расположением газоходов котла появилась в 50-х годах прошлого века в США [1], рис.1.

Горелки в топке установлены сверху и направлены вниз, то есть по инверторной схеме, дымовые газы охлаждаются, проходя W газоходы и передавая тепло на генерацию пара. Внизу, за топкой они переходят в подъёмный газоход, далее в опускной газоход с ширмовыми поверхностями нагрева и выходят из котла через подъёмный газоход, заполненный конвективными поверхностями нагрева. В верхней части котла расположен роторный воздухоподогреватель, доохлаждающий уходящие газы.

В котле установлено два пустых газохода. Технология пустого газохода применяется для сильно шлакующих топлив. Например, в СССР она использовалась для сжигания [2] прибалтийских сланцев, так как на вертикальных экранах топки, ширмах и стенах пустого газохода отложения золы удерживаются слабо и легко сбиваются. Охлажденные до 600-700°C дымовые газы при охлаждении в конвективном газоходе уже не образуют прочных отложений, обеспечивается безостановочная работа котла на номинальной нагрузке.

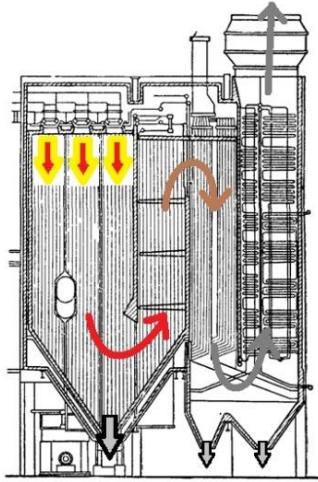


Рисунок 1 - Котел с инверсионной компоновкой топки

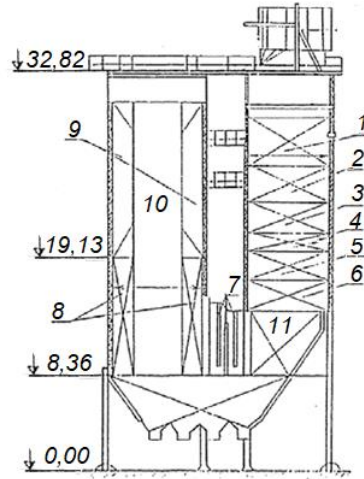


Рисунок 2 - Котел ПК-37, 710т/ч, 29,4 МПа, 655/570°С

На рис.2 приведена инверсионная компоновка котла с U-образной схемой газоходов. Это паровой котел ПК-37 с паропроизводительностью $D=710$ т/ч, первый в СССР с инверсионной компоновкой. Котёл был разработан для блока СКР-100 на суперкритических параметрах пара (29,4 МПа, 655/570°С) в 60-х годах 20 века в Подольском машиностроительном заводе имени Орджоникидзе (ЗИО). Здесь явно видны достоинства. Котел имеет небольшую высоту, часть золы выгружается сразу в повороте за топкой, а большинство поверхностей нагрева находятся дальше, в восходящем потоке: 1 экономайзер, 2 и 4 переходная зона. 3 и 5 промежуточный пароперегреватель и 6 конвективный пароперегреватель, они мало подвержены износу золой и это увеличивает их ресурс работы. Наиболее подверженные шлакованию ширмы 7, нижняя НРЧ 8 и верхняя ВРЧ 9 радиационная часть, двусветный экран 10 и экраны 11 поворотной камеры выполнены из вертикальных, легко очищаемых труб. Причем часть из них расположена внизу, в доступной для легкого обслуживания зоне.

Горелочные устройства, в данной компоновке располагаются на потолке топочной камеры, но могут быть установлены и на боковых экранах топки. При расположении горелок на потолке топки, факела эффективно и равномерно заполняет объем топочной камеры за счет отсутствия поворотов факела. Горелки с большими выходными скоростями воздуха и аэросмеси ограничивают возможность взаимодействия факела с ограждающими поверхностями и шлакования экранов. При этом наиболее горячие газовые потоки за счет меньшей плотности увеличивают свое пребывание в топке и лучше охлаждаются [1].

В модификациях инверсионной топки, разработанной в СССР, был реализован и другой механизм образования факела. Сохраняется призматическая конфигурация топки, горелки размещаются на боковых стенках с наклоном вниз. При соударении двух наклонных встречных факелов образуются два больших вихревых течения, в которых происходит процесс горения. Регулируя подачу воздуха на воздушные сопла горелок с помощью воздушных шиберов, можно управлять положением факела по высоте топки. Подобная схема реализована [3] в инверсионной топке котла ТП-230-3 (днецкий уголь марки Д).

Хорошим вариантом здесь будет использование схем с угловыми, тангенциальными, прямоочными горелками. При этом топка может иметь одну или две секции с расположенными в их углах четырьмя горелками, которые соответственно своими струями формируют один или два центральных нисходящих вихря.

Важным вопросом организации топочного процесса в инверсионной топке является особый режим давления. В котлах расположенная внизу зона выгрузки золы и шлака для исключения дымления типично поддерживается под небольшим разрежением в 10-40 Па. Соответственно в котлах с П-образной компоновкой это разрежение легко поддерживается за

счёт самотяги и распространено на всю высоту топки. С другой стороны, так как плотность воздуха в котельной при температуре 30°C, 303 К, $\rho_{\text{в}} = 1,165 \text{ кг/м}^3$, гораздо выше плотности топочных газов при средней температуре около 1300°C, 1573 К, $\rho_{\text{гт}} = 0,224 \text{ кг/м}^3$, то гидростатическая разница давления в инверсионной топке, например, высотой $h = 32 \text{ м}$ составит:

$$\Delta P_{\text{T}} = (\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{гт}}) \times g \times h = 295,4 \text{ Па.} \quad (1)$$

Это достаточно высокий перепад давления, скорость истечения раскаленных газов через неплотности из топки оценочно составит:

$$W = (2 \times \Delta P_{\text{T}} / \rho_{\text{гт}})^{0,5} = 51 \text{ м/с.} \quad (2)$$

В итоге топка в обязательном порядке должна выполняться газоплотной. Горелки должны иметь быстродействующую запорную арматуру с автоматическим закрытием при их отключении, лазы и гляделки также должны иметь газоплотное исполнение.

Появление сил плавучести в разогретых топочных газах имеет и положительное действие. Охлаждённые у стен топочные газы, как более тяжёлые, будут стремиться пройти вниз, вдоль стен, в то время как газы, заполняющие ядро горения и центральную часть топки будут стремиться подниматься вверх, и это организует в топке глобальное активное перемешивание естественно конвективного типа. В итоге наиболее горячие газовые потоки за счёт меньшей плотности увеличивают свое пребывание в топке и полнее охлаждаются излучением тепла на экраны. Это принципиально отличает рассматриваемый топочный процесс от типично применяемых в большинстве котлов процессов с восходящим факелом.

Топливоподача котла с инверсионной компоновкой не отличается от типично применяемых, могут использоваться угли разных марок. Система пылеприготовления котла может быть прямого вдувания или с пылевым бункером. Но система с прямым вдуванием имеет существенные минусы, т.к. горелочные устройства расположены высоко и пылепроводы получаются длинными, то это может привести к пульсациям в топке из-за неравномерной подачи пыли и забиванию пылепроводов угольной пылью.

У системы пылеприготовления котла с промбункером и ПВК эти минусы отсутствуют. Основные элементы топливоподачи располагаются на нулевой отметке. Далее пылевоздушная смесь направляется в циклоны, которые отделяют пыль от сушильного агента. Пыль направляется в промбункер, находящийся под потолком здания, а сушильный агент сбрасывается с помощью сбросных горелок в топочную камеру. При таком расположении промбункера, пыль может поступать в горелочные устройства самотеком. Такие системы широко применяются, их недостатки: они более дорогие, сложны по конструкции и в эксплуатации, т.к. имеют дополнительные напорные вентиляторы.

При инверсионной компоновке, воздухоподогреватель находится на одном уровне с горелочными устройствами и длина воздухопроводов минимальна. Воздух после воздухоподогревателя сразу направляется в горелки. Здесь можно использовать как регенеративные воздухоподогреватели (РВП), так и рекуперативные воздухоподогреватели (ВП), а иногда и применять сразу оба вида воздухоподогревателей в зависимости от вида топлива. Удаление газов также сверху из конвективной шахты, тягодутьевые машины (ТДМ) и другие вспомогательные агрегаты расположены наверху и это даёт минимальное пятно застройки котла. Хотя такое расположение создает дополнительную статическую и динамическую нагрузку на каркас котла, например, от ТДМ, но это легко решается на современном уровне техники.

Существенное преимущество инверсионной компоновки это расположение пароперегревателя. Пароперегреватель находится в нижней части котла, в горизонтальном газоходе между топочной камерой и конвективной шахтой, рис.2, поэтому его выходные коллекторы расположены близко к паровпускным патрубкам турбины, а это позволяет использовать данную компоновку для сверхкритических параметров пара, где стоимость паропроводов будет нивелировать все недостатки данной компоновки котла [4]. Также еще одним плюсом является монтаж и обслуживание такого пароперегревателя, т.к. он находится на низкой отметке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стырикович М.А., Катковская К.Я., Серов Е.П. Котельные агрегаты. Москва: Госэнергоиздат., 1959. 487 с.
2. Рундыгин Ю.А. Низкотемпературное сжигание сланцев. Ленинград: Энергоатомиздат, 1987. - 103 с.
3. Шатиль А.А. Топочные процесс и устройства. СПб.: АООТ «Науч.-произв. об-ние по исслед. и проектированию энергет. Оборудования», 1997.182 с.
4. Комаров И.И. Разработка методических основ и моделей оценки влияния уровня развития паротурбинных технологий на технико-экономические показатели эксплуатации высокотемпературных угольных энергоблоков. Москва: Нац. исслед. ун-т МЭИ, 2016. 222 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ТОПКЕ С НТВ ТЕХНОЛОГИЕЙ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Тиханов Михаил Васильевич, аспирант кафедры КиРС, e-mail:mihail20-03-95@mail.ru

Ноздрачев Алексей Александрович, студент кафедры КиРС, e-mail:nozdrachev16@bk.ru

Научный руководитель - Пузырев Евгений Михайлович, д.т.н., e-mail:pem-energo@list.ru
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье представлены стенды, служащие для проверки математического описания движения и взаимодействия топливовоздушных струй при организации низкотемпературного вихревого топочного процесса.

Ключевые слова: НТВ топка, сжигание твердого топлива, моделирование топочных процессов.

Проанализировав опыт внедрения низкотемпературной вихревой (НТВ) технологии сжигания в энергетику, можно выделить как положительный опыт, так и отрицательный. Положительный опыт включает в себя снижение затрат электроэнергии на размол топлива и обеспечение взрывобезопасности пылесистем ввиду более грубого размола топлива, исключение шлакования экранов при работе на сильношлакующих топливах, повышение теплопроизводительности котлоагрегатов, снижение эмиссии оксидов азота ввиду низкотемпературного сжигания. Помимо этого, НТВ технология позволяет отказаться от подсветки факела мазутом. К отрицательному опыту можно отнести увеличенный механический недожог топлива в связи с провалом недогоревшего топлива в систему шлакоудаления и повышенный абразивный износ заднего экрана [1].

Представленные в [3, 4] полезные модели разработаны с учетом положительного и отрицательного опыта, с целью организации камерного сжигания измельченного топлива при реконструкции существующих и создании новых промышленных и энергетических котлов.

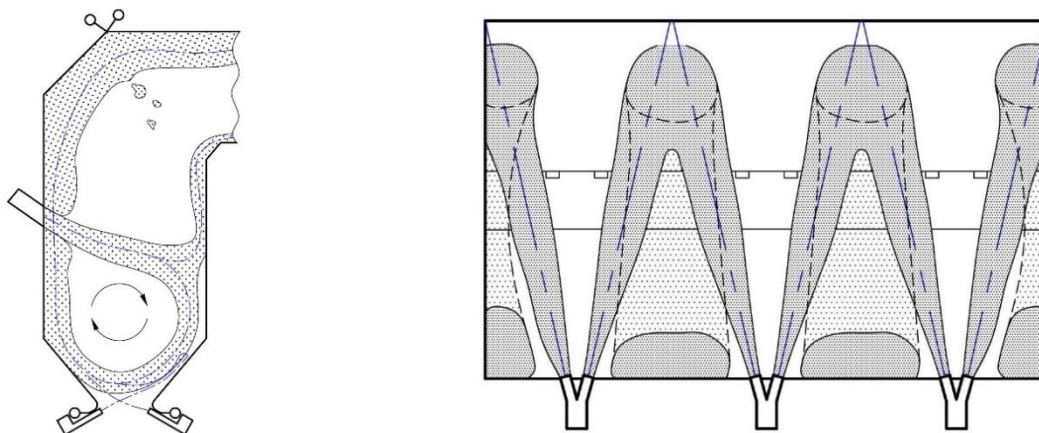


Рисунок 1 – Схема движения топливовоздушных струй

На рисунке 1 показана схема движения топливоздушных струй [3, 4]. Топливоздушные струи из прямоточных горелок фронтального экрана устремляются вниз, в холодную воронку и далее, сливаясь с нижним дутьем восходят по фронтальному экрану вверх к потолочному экрану – струи из боковых горелок восходят в угловых зонах между фронтальным и боковыми экранами, а струи из средних каналов, так как они направлены под соседние горелки, сталкиваются, сливаются в среднем сечении между горелками и создают общие струи, которые восходят по фронтальному экрану между горелок вверх. Восходящие горячие струи сталкиваются с топливоздушными струями горелок периферийно, обеспечивают их зажигание и стабилизацию горения, но не отклоняют их. При такой схеме движения топливоздушных струй горячий поток глубоко выгорает, активно охлаждается по мере выгорания топлива, обеспечивая эффективный низкотемпературный режим горения во всем объеме НТВ топки. Благодаря простоте конструкции предлагаемой в [3, 4] НТВ топки возможна реконструкция котлов без внедрения аэродинамических выступов.

При теоретическом описании [2] движения топливоздушных струй они рассматриваются как идеальные и незатопленные. Топочный процесс представляет собой совокупность процессов диффузии, аэродинамики, теплообмена и фазовых превращений, химических реакций, а топочные струи являются затопленными и при движении в топочном объеме обмениваются с окружающим объемом частицами. Поэтому топочный процесс является крайне сложным для точного математического описания.

Для апробации технических решений описанных в [3, 4] и изучения струйной модели НТВ топки были изготовлены два лабораторных стенда.

Стенд № 1 служит для проверки закона убывания скорости на оси струи при удалении от сопла в зависимости от угла натекания на стенку либо от угла слияния струй [2]. Модель и фотография стенда представлена на рисунке 2. Стенд состоит из корпуса 1, выходного сопла 2 и тяг 3, позволяющий регулировать угол наклона и положения сопла 2. К выходному соплу подключается внешний вентилятор при помощи гофрированной трубки. Для замера давлений в потоке воздуха используется микроманометр с комбинированным приемником (трубкой Прандтля). Трубка Прандтля закреплена с помощью лабораторного штатива. Для удобства замеров на корпус стенда и на штатив нанесены соответствующие шкалы.

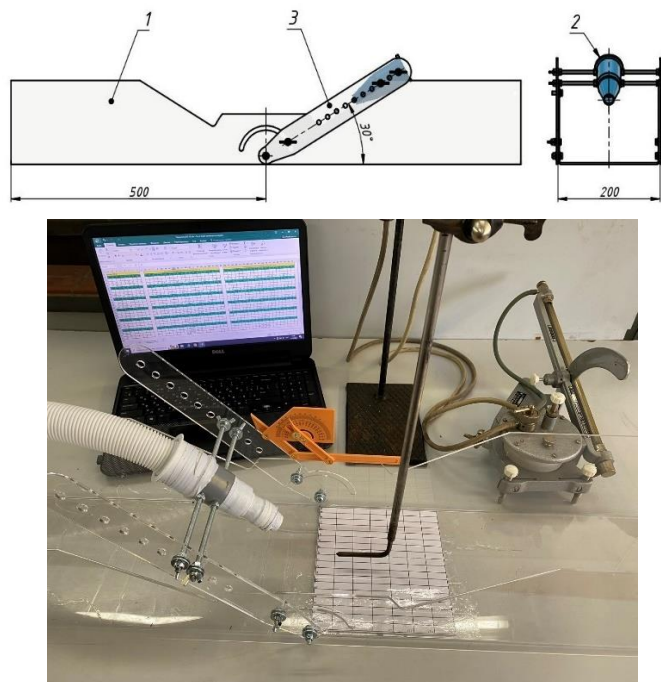


Рисунок 2 – Модель и фотографии стенда №1

На рисунке 3 изображены модель и фотография стенда №2 для изучения характера распространения струй в топке с технологией НТВ сжигания, помимо этого данная модель

позволит определить эффективность технических решений, принятых в [2,3]. Топочная камера Стенда №2 представляет собой подобие топки котла БКЗ-75-39 в масштабе 1:10.

Каркас 2 данного стенда представляет собой разборную раму из профильной трубы прямоугольного сечения 40*20*2 на которую непосредственно опирается топочная камера 1, которая в свою очередь выполнена единым блоком из органического стекла толщиной 3мм. В области пода (холодной воронки) топочной камеры расположены сопла 2-х видов: сопла нижнего 5 и сопла встречного 6 дутья, а также на фронтном экране 3 располагаются две V-образные прямоточные горелки 4. Тягодутьевая машина 7 соединена с моделью топочной камеры 1 через всасывающий патрубок 8 и воздуховод 9, что в свою очередь обеспечивает необходимое разрежение для работы данного стенда. Воздух забирается из атмосферы в сопла горелок, а также сопла нижнего и встречного дутья через всасывающие отверстия 10. Разделение воздушного потока между соплами основных горелок 4 и соплами нижнего 5 и встречного дутья 6 в пропорции 70% к 30% ($\pm 10\%$) происходит за счет подбора сечения сопел, а также исходя из рекомендованной скорости перемещения среды в них 30 м/с. Сечения сопел нижнего и встречного дутья подобраны исходя из распределения воздушных масс в соотношении 65% к 35% ($\pm 10\%$).

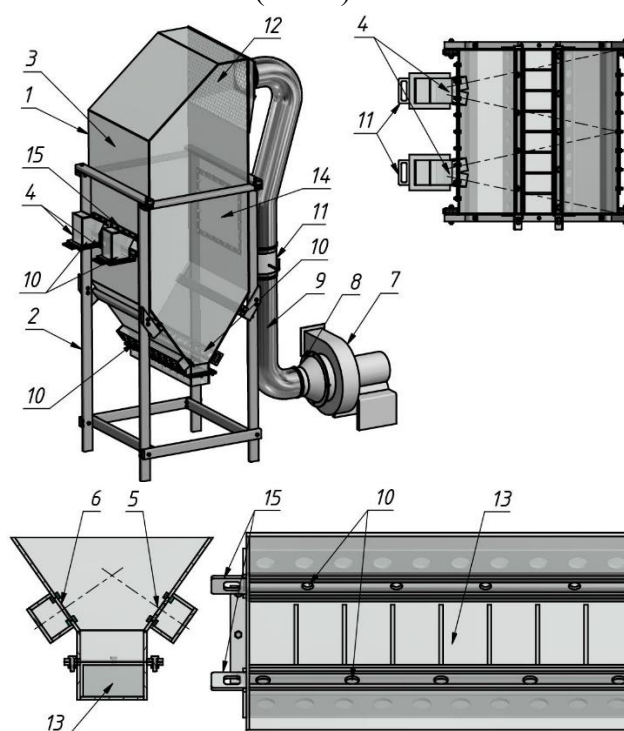


Рисунок 3 - Модель и фотография стенда №2

В связи с необходимостью регулирования расхода воздушного потока на данной модели установлены шиберы 11. Для создания сопротивления на выходе из топочной камеры установлен перфорированный лист из органического стекла 12, в реальных условиях необходимое сопротивление вызывает ширмовый пароперегреватель. Для определения количества провала топлива в систему ШЗУ и оценки распределения провала по ширине топочной камеры установлен съемный сборник провала 13, разделенный на секции по ширине топочной камеры. На заднем экране топочной камеры установлен ревизионный люк 14. Для проверки возможности использования различных конфигураций сопел основных горелок 4 и сопел нижнего 5 и встречного дутья 6 блоки с соплами 15 выполнены съемными.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тиханов М.В., Пузырев Е.М. Опыт внедрения низкотемпературной вихревой технологии сжигания твердых топлив // Современные научные исследования и инновации. 2021. № 1

2. Шатиль А.А. Топочные процессы и устройства: (Исслед. и расчет) / А.А. Шатиль. - СПб.: АОТ «Науч.-произв. об-ние по исслед. и проектированию энергет. оборудования», 1997. -182.

3. Низкотемпературная вихревая топка. [Текст]: полезная модель №197085 РФ: МКП F23C 5/24 / Пузырёв М.Е., Пузырёв Е.М., Жуков Е.Б., Тиханов М.В.; Патентообладатель Пузырёв М.Е. // №2020100775, заявл. 14.01.2020, опубл. 30.03.2020. Бюл. 10.

4. Твердотопливная низкотемпературная вихревая топка. [Текст]: полезная модель №198069 РФ: МКП F23C 5/24 / Пузырёв М.Е., Пузырёв Е.М., Жуков Е.Б., Тиханов М.В.; Патентообладатель Пузырёв М.Е. // №2020100840, заявл. 14.01.2020, опубл. 17.06.2020. Бюл. 17.

РАЗРАБОТКА ВОЗДУХООЧИСТИТЕЛЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Щербак Кирилл Александрович, магистрант кафедры ДВС, e-mail:k_sherbak99@mail.ru
Научный руководитель - Пыжанкин Геннадий Викторович, к.т.н., доцент,
e-mail:genavp1953@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Показано негативное влияние пыли в воздухе на абразивный износ цилиндропоршневой группы двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Проведен краткий анализ состава пыли и ее количества от условий эксплуатации. Проведен краткий анализ конструкций воздухоочистителей ДВС, показаны их достоинства и недостатки. Предложена конструкция воздухоочистителя, применение которой позволит уменьшить сопротивление на впуске, что обеспечит повышение технико-экономических показателей ДВС.

Ключевые слова: пыль в воздухе, состав пыли, эксплуатация ДВС, абразивный износ, воздухоочиститель, потери на впуске, технико-экономические показатели.

Качество очистки воздуха на впуске двигателя внутреннего сгорания (ДВС) существенно влияет на его износ, соответственно на безотказность работы и долговечность. Основным источником абразивного изнашивания является пыль находящаяся в воздухе, кроме того пыль забивает радиаторы системы охлаждения, что приводит к перегреву ДВС вплоть до его выхода из строя.

Наиболее актуально вопрос очистки воздуха встает для автотракторной техники, работающей в условиях повышенной запыленности, а именно: движение по грунтовым дорогам, работа в поле, карьерах и т.д. Влияние запыленности воздуха и его воздействия на технику зависит и от других неблагоприятных факторов. Например, движение в колонне, направление ветра, влажности почвы, содержание составляющих пыли и другие факторы. Особенно следует обратить внимание на содержание в пыли кварца и других составляющих, таких как: SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{FeO}_3$, Al_2O_3 , CaO , MgO , P_2O_5 и другие, твердость которых превосходит твердость конструкционных материалов применяемых для изготовления ДВС. Для сельскохозяйственной техники характерно наличие органических веществ, в частности волокнистые отходы сельскохозяйственных культур.

Следовательно, очистка воздуха на впуске ДВС является актуальной задачей. Наряду с установкой агрегата очистки для уменьшения износа следует обратить внимание на создание сопротивления на впуске, увеличение которого приводит к снижению наполнения цилиндров двигателя свежим зарядом и увеличению насосных потерь, что приводит к ухудшению технико-экономических показателей ДВС. На рисунке 1 представлены изменения мощности N_e и удельного эффективного расхода топлива при увеличении разрежения на впуске дизеля Д-442 Минского моторного завода.

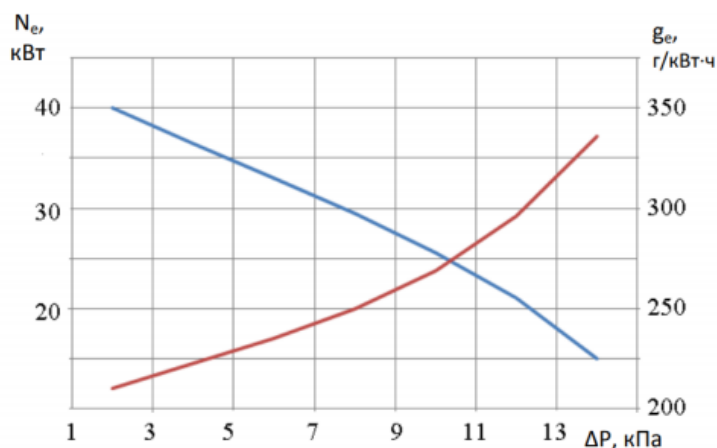


Рисунок – 1 Влияние разрежения на показатели ДВС

Для очистки воздуха для ДВС применяются фильтры различной конструкции [1], некоторые из них представлены на рисунке 2. Под номером 1 фильтр с инерционным оседанием пыли в масляной ванне, затем с последующим оседанием пыли на кассетах, изготовленных из проволоочной канители и пропитанных маслом. Фильтры таких конструкций обслуживаемые. На современных автомобильных ДВС, особенно легковых применяют сменные фильтрующие элементы (номер 2). Под номером 3 показан фильтр с дополнительной предварительной центробежной очисткой от пыли за счет наличия на входе лопаток осуществляющих закрутку потока воздуха. Под номером 4 представлена схема мультициклона, в котором очистка от пыли производится за счет закрученного потока и соответственно центробежных сил. В корпусе фильтра, как правило, устанавливают несколько мультициклонов, при этом пыль, осевшая внизу корпуса фильтра, отсасывается за счет эжектора работающего за счет отвода отработавших газов в системе выпуска ДВС.

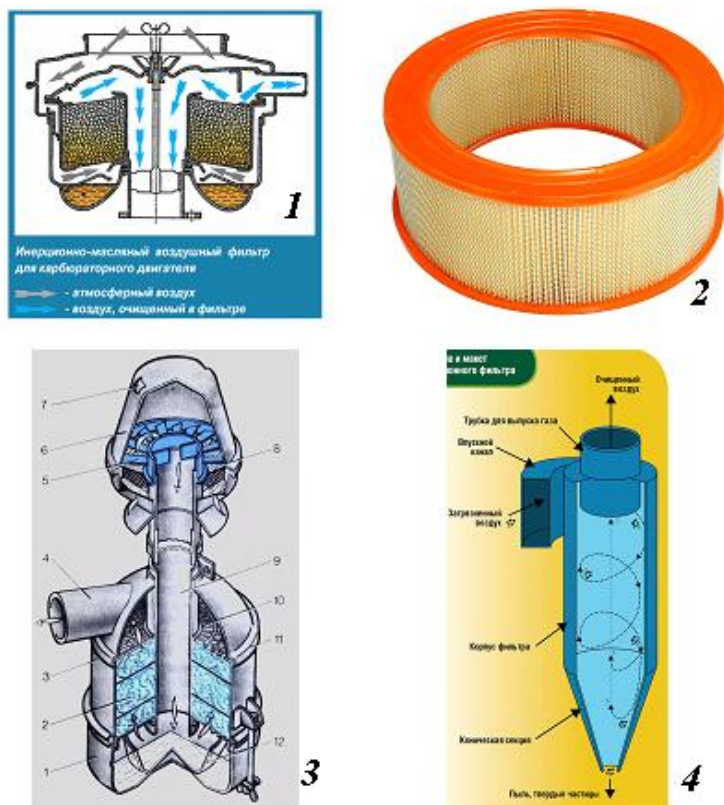


Рисунок 2 – Конструкции фильтров

Однако в данных конструкциях воздухоочистителей создается разрежение во впускной системе ДВС, что приводит к увеличению насосных потерь, снижению наполнения цилиндров ДВС свежим зарядом и в результате снижению эффективности работы ДВС. Решение данной технической проблемы возможно применением конструкции воздухоочистителя [2] представленного на рисунке 3.

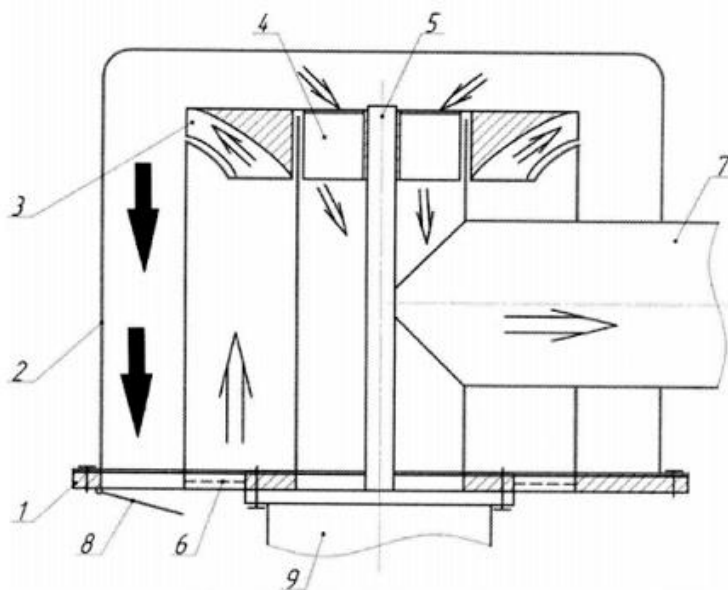


Рисунок 3 – Воздухоочиститель пониженного сопротивления

Очистка воздуха от крупных частиц осуществляется сетками во входных отверстиях, затем очистка от пыли центробежными силами, создаваемыми вращающимся колесом на наружных лопатках, а уменьшение затрат энергии на насосные потери и увеличение наполнения цилиндров ДВС свежим зарядом обеспечивается за счет создания избыточного давления на выходе воздухоочистителя.

Предлагаемый воздухоочиститель ДВС содержит корпус воздухоочистителя 1, крышку воздухоочистителя 2, колесо с наружными лопатками 3 и внутренними лопатками 4, вал 5, входные отверстия с сетками 6, выходной патрубком 7, заслонку сброса пыли 8, агрегат привода вала 9. Кроме этого, на чертеже дополнительно обозначено: светлыми стрелками показаны направления движения воздуха, темными стрелками показаны направления движения пыли.

Поршневой двигатель внутреннего сгорания с рециркуляцией и утилизацией теплоты отработавших газов работает следующим образом. Поток воздуха всасывается из атмосферы через входные отверстия с сеткой 6 корпуса воздухоочистителя 1, где осуществляется очистка от крупных частиц. На вращающемся колесе с наружными лопатками 3 поток воздуха всасывается и отбрасывается на периферию, где осуществляется очистка от пыли за счет центробежной силы. Профиль лопаток выполнен по лемнискате Бернулли, обладающий лучшими гидравлическими качествами. Пыль, имеющая большую массу, чем воздух, отбрасывается к стенке крышки воздухоочистителя 2, затем ссыпается вниз, при этом в полости воздухоочистителя давление воздуха повышается. Затем поток воздуха через вращающееся колесо с внутренними лопатками 4 поступает в выходной патрубок 7 с дальнейшим повышением давления, затем поступает на штатные ступени очистки (не показаны). Колесо с наружными лопатками 3 и внутренними лопатками 4 приводится во вращательное движение посредством вала 5 от агрегата 9. Удаление пыли осуществляется через заслонку 8 (показана открытой), открытие которой производится при техническом обслуживании или автоматически, для этого может устанавливаться датчик уровня скопившейся пыли. Вследствие повышенного давления воздуха, поступающего в цилиндры ДВС за воздухоочистителем, насосные потери снижаются, коэффициент наполнения увеличивается, что повышает эффектив-

ность работы ДВС за счет уменьшения износа от пыли, уменьшения насосных потерь и соответственно механических потерь двигателя. Увеличение наполнения цилиндра воздухом позволяет увеличить форсирование двигателя. При применении электродвигателя, на его работу затрачивается энергия, которая компенсируется снижением насосных потерь, а увеличение наполнения цилиндра воздухом позволяет увеличить форсирование двигателя. Масляный насос, как правило, имеет повышенный коэффициент производительности, при этом часть масла сбрасывается через редуцирующий клапан. Следовательно, вместо сбрасывания масла его можно направить на центрифугу, при этом центрифуга будет осуществлять и очистку масла и использоваться для привода лопаточного колеса воздухоочистителя, что в меньшей мере повлияет на изменение механических потерь.

Таким образом, использование предлагаемого воздухоочистителя поршневого двигателя внутреннего сгорания, позволяет улучшить очистку воздуха, уменьшить затраты энергии на насосные потери, увеличить наполнение цилиндров свежим зарядом, соответственно повысить эффективность работы ДВС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Устройство и принцип работы воздухоочистителя тракторного двигателя [Электронный ресурс] // Все о двигателе URL: <https://avtika.ru/ustroystvo-i-printsip-raboty-vozduhoochistitelya-traktornogo-dvigatelya/> (дата обращения: 06.04.2023).

2. Воздухоочиститель поршневого двигателя внутреннего сгорания : пат. на полезную модель РФ № 214443 МПК F 02M 35/06, B01D 45/14 / Г.В. Пыжанкин, М.Э. Брякотин, К.А. Щербак; заявитель и патентообладатель Алт. гос.тех. ун-т им. И.И. Ползунова. - № 2022110650; заяв. 19.04.2022; опубл. 28.10.2022, Бюл. № 31. – 6 с. : ил.

ЭЛЕКТРОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТОПЛИВОПОДАЧЕЙ ГАЗОДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Ярославцев Артем Олегович, студент кафедры ДВС, e-mail:temka_970@mail.ru,
Научный руководитель - Сеницын Владимир Александрович, д.т.н., профессор,
e-mail:prorektor_agtu@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В статье анализируется проблема повышения технико-экономических показателей газодизелей путем электронного управления топливоподачей. Рассматриваются конструктивные особенности одной из систем электронного управления топливоподачей. Приводятся сравнительные характеристики дизельного и газодизельных топлив.

Ключевые слова: регулирование, степень сжатия.

В настоящее время одним из самых перспективных топлив является природный газ. Такой вид альтернативного моторного топлива чаще применяют на автомобильном транспорте с большим потреблением моторного топлива.

Природный газ используется во многих отраслях. Его применяют на железнодорожном транспорте, на судовых двигателях, дизель генераторных установках, а также других стационарных двигателях. Одной из особенностей данного вида топлива можно отметить то, что газ находится в одном агрегатном состоянии с окислителем, то есть с воздухом. Это способствует облегчению смесеобразования и обеспечивает полное сгорание смеси. Также стоит отметить, что двигатели на таком виде топлива являются экономичными и более. Чаще всего, для газообразной смеси используют дизельные двигатели, так как они имеют высокую степень сжатия и повышенный коэффициент избытка воздуха.

В данной таблице мы видим сравнение экономичности дизельного и газодизельного топлива на примере дизельных и газодизельных генераторов.

Таблица 1 - Сравнение экономичности дизельного и газодизельного топлива.

Тип электроагрегата	Дизельный АД-60	Газодизельный АГД-60	Дизельный АД-100	Газодизельный АГД-100
Базовый дизельный двигателя	ЯМЗ-236М2	ЯМЗ-236М2	ЯМЗ-238М2	ЯМЗ-238М2
Номинальная мощность, кВт	60	60	100	100
Вид топлива, ед.изм.	ДТ, л	ДТ, л + ПНГ*, м ³	ДТ, л	ДТ, л + ПНГ*, м ³
Стоимость за ед.руб.	50	50 + 0,5	50	50 + 0,5
Расход топлива в час	14	5 + 10	24	6 + 18
Затраты на ДТ в час, руб.	700	250	1200	300
Затраты на газ в час, руб.	-	5	-	9
Экономия ДТ в сутки, л (руб).	-	216(10800)	-	432(21600)
Затраты на газ в сутки, руб.	-	120	-	216
Итог затрат в год, руб.	5506000	2035000	9411000	2410200
Экономия на топливе в год, руб.	-	3471000	-	7000800
Количество выработанной электроэнергии в год, кВт*ч	312000	312000	520000	520000
Стоимость 1 кВт*ч, руб.	17,60	6,50	18,10	4,65

При переходе на природный газ актуальной становится проблема обеспечения надежного воспламенения газозоудушной смеси. Данная проблема обусловлена тем, что температура самовоспламенения нефтяных дизельных топлив составляет 230...300 °С, а температура самовоспламенения природного газа (метана) составляет 540 °С. Таким образом, температуры конца сжатия может оказаться недостаточно для самовоспламенения рабочей смеси. Наиболее эффективным путем решения данной проблемы является реализация газодизельного цикла. Воспламеняется смесь от запальной порции дизельного топлива.

Другим решением проблемы воспламенения рабочей смеси можно отметить воспламенения от постороннего источника, то есть, от свечи зажигания. Отрицательной стороной воспламенения от постороннего источника является увеличение энергии для образования искры по сравнению с бензиновыми ДВС.

Газовые и газодизельные двигатели имеют огромный потенциал, но их реализация невозможна без точного управления параметрами топливоподачи. Для управления параметрами топливоподачи двигателей на газообразном топливе применяется современная электронная система автоматического регулирования.

Производственно-промышленное предприятие ООО «ППП Дизельавтоматика» занимается разработкой систем электроуправляемой подачи газа и дизельного топлива для дизелей, газодизельных двигателей. Примером такой системы является система электронного управления топливоподачей СЭРГ500 (рисунок 1), применяемая для газодизельных двигателей автотракторной техники.

Блок автоматического контроля систем. Он представляет собой цифровой микропроцессорный комплекс со специальным программным обеспечением. Функциями блока автоматического контроля систем является:

- прием и обработка сигналов, которые поступают от датчиков режимных параметров;
- выдача соответствующих сигналов на исполнительные устройства;
- регулирование частоты вращения по статическому или астатическому законам в газодизельном цикле работы на всех скоростных и нагрузочных режимах работы газодизеля и рядом других.

Для усиления сигналов, поступающих в САУ, необходим усилитель мощности.

Для управления подачей газа в автоматическом режиме создана конструкция газового дозатора.

Блок автоматического контроля систем (БАКС) с электронно управляемым дозатором газасоздан на основе работы звена задержки, роль которого заключается в определении обо-

ротов через определенный интервал времени, звеньев фильтрации, электромагнита газового дозатора и коллектора.

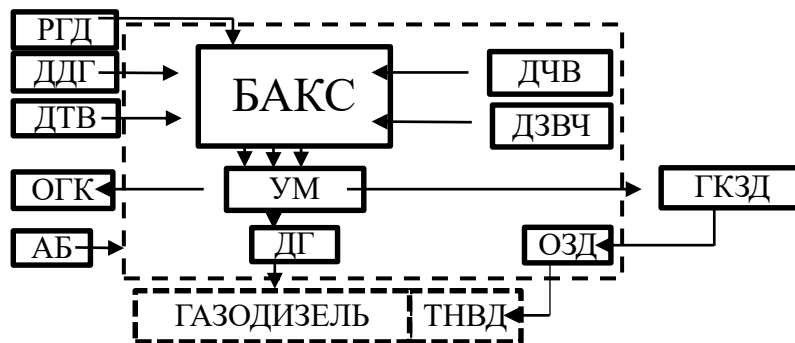


Рисунок 1 - Структурная схема системы электронного управления топливоподачей СЭРГ500

АБ – аккумуляторная батарея, БАКС – блок автоматического контроля систем, ГКЗД – электромагнитный газовый клапан запальной дозы ДТ, ДГ – дозатор газовый, ДДГ – датчик давления газа, ДЗЧВ – датчик задания частоты вращения, ДТВ – датчик температуры охлаждающей жидкости, ДЧВ – датчик задания частоты вращения, ОЗД – ограничитель запальной дозы ДТ, ОГК электромагнитный отсечной газовый клапан, РГД – реле режима работы газодизеля, ТНВД – топливный насос высокого давления, УМ – усилитель мощности.

В двигателе с газодизельным процессом и схемой автоматического регулирования СЭРГ500, существенное влияние на подачу газового топлива оказывает объем полости всасывания, угол перекрытия клапанов в процессе продувки и сжимаемости газа. Вследствие указанных причин газовое топливо попадает в цилиндры с определенным запаздыванием, что приводит к снижению качества смесеобразования и качества переходного процесса в системе регулирования частоты вращения коленчатого вала. Следствием являются параметры расхода топлива и токсичности ОГ.

С целью улучшения указанных параметров в ООО «ППП Дизельавтоматика» были проведены работы по проектированию электроуправляемой системы импульсной подачи газа к всасывающим клапанам ДВС на такте впуска посредством быстродействующего электромагнитного клапана. Специалистам ООО «ППП Дизельавтоматика» практически удалось ликвидировать влияние объема всасывания и угла перекрытия клапанов в процессе продувки, что привело к уменьшению запаздывания подачи газа.

Система СУДМ.01 включает блок управления, электрогазовые клапаны, исполнительного устройства, датчик частоты вращения; датчик фазовой отметки.

Электронный регулятор частоты вращения с импульсной подачей газа СУДМ.01 имеет звенья регулирования задержки для подсчета частоты вращения через интервал времени, фильтрации, а также пропорционально-интегрально-дифференциальное звено.

Автоматический регулятор частоты вращения с системой импульсной подачи газа имеет большой запас устойчивости и меньшее время переходного процесса.

Система СУДМ.03 разработана компанией ООО «ППП Дизельавтоматика» и успешно используется на различных типах газодизельных двигателей Д-242,

Конструкция электроуправляемого газового клапана, предназначенного для дозирования подачи газа в каждый цилиндр, изначально разрабатывалась для двигателей, имеющих большую мощность.

Усилитель мощности предназначен для усиления сигналов, поступающих на исполнительное устройство дозирующего органа топливного насоса высокого давления и электромагнитный отсечной газовый клапан.

Воздействие на дозирующую рейку топливного насоса высокого давления осуществляется с помощью этого исполнительного устройства ЭРУС18, работающего в комплекте с датчиком положения.

В заключение можно сделать следующие основные выводы:

Подводя итоги, можно отметить, что газ является хорошей альтернативой бензину и дизельному топливу. Наблюдается небольшой, но стабильный прирост автомобилей, работающих на газе. А современное газобаллонное оборудование отвечает необходимым нормам, максимально точно дозирует топливо и обеспечивает высокую безопасность, как самого оборудования, так и экологическую.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фурман В.В., Марков В.А., Плахов С.В. Система электронного управления топливopодачей газодизельного двигателя. Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2023, № 1, с. 52–62, doi: 10.18698/0536-1044-2023-1-52-62
2. Баханович А.Г., Кусяк В.А., Гурин А.Н., Ле Ван Нгиа. Электронное управление топливopодачей дизельного двигателя на основе ПИД – регулирования. Белорусский национальный технический университет, 2017. УДК 629.03-52, doi: 1021122/2227-1031-2017-16-1-28-37.